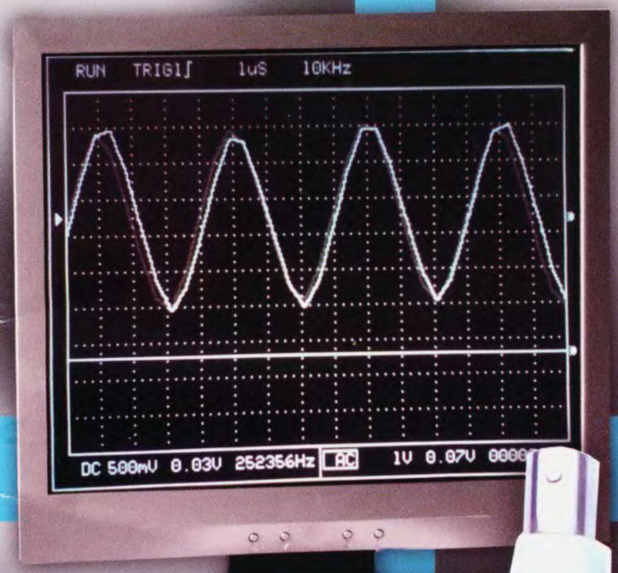
www.radio.ru

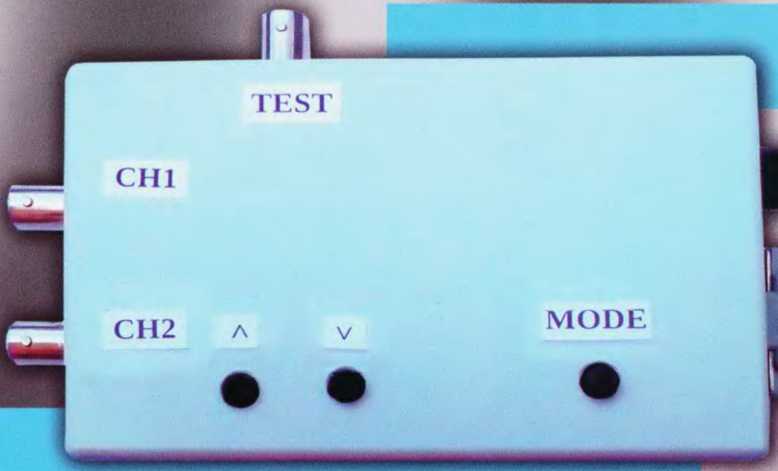
6 • 2021

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Осциллографическая приставка





- *УМЗЧ на лампах 6С33С*
- *Система полива для дачи*
- *Многофункциональный измеритель*
- *Корректируем параметры головок*

...и ещё 11 конструкций

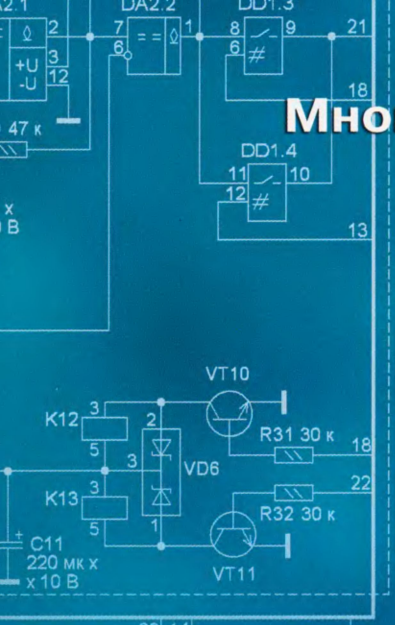
ISSN-0033-765X

6 2021

Многофункциональный измеритель RLC

А. ДЫМОВ, г.Оренбург

(см. статью на с. 25)



RLC измеритель Версия:2.2 2020 г.	L=00,00 мкГн F=000000 Гц
R=000,0 Ом F=00000,0 Гц	G=000,0 нСм T=00000000,0 мксек
C=0,000 мкФ F=00000,0 Гц	V=0999 мВ Калибр.ИОН 1100 мВ
C=000,0 пФ F=000000 Гц	V=0999 мВ Калибр.VDD 5000 мВ

ЖУРНАЛ
РАДИО
АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель ЗАО «Журнал «Радио»
ИНН 7708023424, р/с 40702810438090103159,
ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770801001

Цена одного номера журнала 2021 г. (с 7-го по 12-й номер) при покупке в редакции — 395 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 2800 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 4100 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 3300 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 4600 руб.

Стоимость подписки с адресной рассылкой для жителей дальнего зарубежья на полугодие — 50 USD, на год — 100 USD.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2013	1—12	50 руб.	110 руб.	290 руб.
2014	1—12	70 руб.	130 руб.	330 руб.
2015	1—12	90 руб.	150 руб.	350 руб.
2016	1—12	110 руб.	180 руб.	375 руб.
2017	1—12	185 руб.	255 руб.	450 руб.
2018	1—12	220 руб.	310 руб.	510 руб.
2019	1—6	260 руб.	350 руб.	550 руб.
2019	7—12	280 руб.	370 руб.	580 руб.
2020	1—6	300 руб.	390 руб.	600 руб.
2020	7—12	330 руб.	420 руб.	685 руб.
2021	1—6	360 руб.	450 руб.	750 руб.
2021	7—12	395 руб.	490 руб.	800 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. Наложенным платежом редакция журналы и наборы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2021 год, а также на 2012—2020 годы. Цена не изменилась: 12 месяцев — 600 рублей!*

На сайте http://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный журнал № 7 за 2011 год, в качестве примера.

* 600 рублей — стоимость подписки при оплате в редакции. Стоимость подписки может увеличиться за счёт стоимости услуг банка или платёжных систем, которую они взимают за услугу перевода денег.

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Снова за горизонт, часть вторая 4

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО 8

А. ЧЕЧНЕВ. Через тернии — к микросхемам 8

РАДИОПРИЁМ 13

В. ГУЛЯЕВ. Новости вещания 13

ВИДЕОТЕХНИКА 15

В. МИЛКИН, В. ЛЕБЕДЕВ, А. ШУЛЬЖЕНКО, В. ЛОГАЧЁВ. Широкополосная треугольно-петлевая антенна для эфирного телевидения 15

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 18

Н. САЛИМОВ. Высоковольтный источник питания 18

ЗВУКОТЕХНИКА 20

Л. КОСТЫРКО. Коррекция параметров электродинамических головок 20

Д. ПАНКРАТЬЕВ. Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С33С. 22

ИЗМЕРЕНИЯ 25

А. ДЫМОВ. Многофункциональный измеритель RLC 25

В. ПОПОВ. Осциллографическая приставка к VGA-монитору 30

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ 33

Ю. БУЛЫЧЕВ. Адаптер тахометра для системы охранной сигнализации StarLine A93 33

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ 34

А. МЕЛЬНИКОВ. Узлы сравнения для компараторов на логических элементах 34

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 37

Г. МАРТЫНОВ. Система автоматического полива для дачного участка 37

КОМПЬЮТЕРЫ 39

И. РЕШЕТНИКОВ. КРИСС: восьмиразрядный компьютер для широкого спектра задач 39

"РАДИО" — О СВЯЗИ 45

"Старый Новый год 2021" — итоги 45

А. БОРЗЕНКОВ. Юбилейные воспоминания 47

М. КАВЕРИН. Короткие волны в Арктике. Начало 48

Г. ЧЛИЯНЦ. Евгений Андреев (R1WA) — ещё один "нелегал" (1926—1927 гг.) 49

Е. АЛФЕРОВ. Универсальный интерфейс для цифровых видов связи 50

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 53

С. ГУСЕВ. Устройство управления вентилятором и нагревателем 53

Д. МАМИЧЕВ. Робот-гуманоид REY 2021 на Arduino Pro mini — управление 55

И. НЕЧАЕВ. Модуль таймера С005 и конструкции на его основе . . . 58

С. РЮМИК. Ответы на викторину "Arduino: программная часть-4" 63

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 20).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Осциллографическая приставка к VGA-монитору (см. статью на с. 30).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ПИНЦЕТ — ПРИСТАВКА К ПРИБОРАМ
ПРОВЕРЯЕМ СЕРВОПРИВОДЫ
ЭЛЕКТРОННО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ТАБЛО
УСКОРЕНИЕ ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ

Тираж журнала «Радио» № 5 сдан для рассылки подписчикам 12.05.2021 г.

19-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

ChipEXPO-2021

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

14-16.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

СКОЛКОВО

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
  - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878)
  - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109)
  - экспозицию разработок, обеспечивающих выполение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Стартапы в электронике
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

Sk Сколково · Государственная Дума · Минпромторг России · Ростех · Росэл · Российская академия наук · Московская область

ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО» Москва,121351, ул. Ярцевская, д.4. Тел.: +7 (495) 221-50-15
E-mail: info@chipexpo.ru http://www.chipexpo.ru

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

6•2021

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: **ref@radio.ru**

Группа работы с письмами — (495) 607-31-18

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,

р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 31.05.2021 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2021. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 01786-21.

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:

8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINET

Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: http://www.rinet.net

Снова за горизонт, часть вторая

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"... они не глядели ни вверх, ни вниз, а устремляли свой взор к горизонту — и этого им было достаточно".

Генри Миллер (американский писатель)

Поскольку ещё с 40-х годов прошлого века Пентагон вынашивал планы атомной бомбардировки крупных городов СССР, наша страна ненамного отстала в технических ответах на обозначенные выше вызовы. Для систем ПВО по границам страны развёртывались РЛС, информация с которых собиралась посредством РРЛ и ТРРЛ. Для этого параллельно работам американцев в СССР были разработаны теоретические основы тропосферной связи — изучены особенности многолучевого распространения, зависимости уровня сигнала от расстояния и длины волны, законы замираний, потери усиления антенн, статистические характеристики сигналов и др. Всё это стало достоянием мировой науки и в итоге вошло в справочники и документы Международного союза электросвязи (МСЭ). Значительная роль в становлении теории и практики дальней тропосферной радиосвязи принадлежит учёным НИИ-100 (ныне ФГУП "НИИ Радио") М. А. Гусятинскому, А. С. Немировскому, А. В. Соколову, В. Н. Троицкому, А. А. Шуру.

В СССР использование тропосферного распространения радиоволн для создания военной аппаратуры связи началось в 1956 г. В Советском Союзе, с его гигантскими труднодоступными регионами, колоссальным северным побережьем, почти целиком находящимся за полярным кругом, всегда остро стояла проблема транспорта и связи. Первые военные тропосферные радиорелейные станции (ТРРС) для тактического звена управления "Лодка" (Р-122) и "Фрегат" (Р-121) были разработаны и введены в эксплуатацию в конце 1950-х годов. Уже в то время удалось показать возможность существования ТРРЛ с интервалом до 200 км. Станции работали в диапазоне 35...50 МГц и имели мощность передатчиков 750 Вт.

Позже, под руководством НИИ-100, были построены развитые сети тропосферной связи ("Север" — второе название "Горизонт", "Ухта—Воркута", "Красноярск—Норильск", "Магадан—Якутск" и др.), охватывавшие труднодоступные районы Крайнего севера, Сибири и Дальнего Востока. Сегодня мало кто знает о том, что в СССР была построена ТРРЛ протяжённостью больше 13000 км, охватившая северное и тихоокеанское побережья страны, а также протянувшаяся вдоль рек Обь, Енисей и Лена. Для своего времени она была революционной, на ней испытывались новые технологии и оборудование, и поэтому она заслуживает более подробного описания.

Система стратегической ТРРЛ "Север", обеспечившая устойчивую коммуникацию для 60 % территории страны, выполняла аналогичную White Alice функцию в северных и восточных областях СССР. Идея её создания родилась в НИИ-100/НИИР и была поддержана Министерством связи

СССР. В 1959 г. НИИР занялся разработкой системы связи "Горизонт", а Государственный специализированный проектный институт радио и телевидения (ГСПИ РТВ) — проектированием Стратегической магистральной тропосферной радиорелейной линии (ТРРЛ) связи, получившей наименование "Север".

Для реализации ТРРЛ "Север" была выработана структура построения как отдельных станций, так и в целом всей линии дальней тропосферной связи, работающей в диапазоне 800...1000 МГц, с расстояниями между пунктами приёма (переприёма) 200...300 км. ТРРС "Горизонт" излучали до 5...10 кВт мощности СВЧ, потребляли много десятков киловатт электроэнергии и требовали непрерывного обслуживания. Для выполнения исследовательских работ и отработки спроектированного оборудования параллельно шло строительство опытного участка ТРРЛ протяжённостью 300 км между городами Талдомом и Вологдой. После постройки опытной линии и проведения специалистами НИИР измерений характеристик сигнала и качественных параметров аппаратуры был сделан вывод, что применение системы ТРС "Горизонт" в существующем виде нецелесообразно в силу того, что требовались очень большие энергозатраты для её обеспечения, которые себя не оправдывали. Началась разработка оборудования новой улучшенной системы "Горизонт-М", которая была бы максимально адаптирована для использования в целях обеспечения связи.

В конце 50-х годов была завершена разработка 60-канальной аппаратуры (ТР-60) ТРРЛ первого поколения "Горизонт-М", где сигналы многоканальной телефонии передавались с использованием частотной модуляции и применялся четырёхкратный разнесённый приём (двукратный по частоте и двукратный по пространству). Испытания новой аппаратуры начались в 1961 г. с постройки на Опытном заводе НИИР опытных образцов. Разработанная аппаратура по результатам испытаний совершенствовалась и дорабатывалась для передачи в серийное производство.

После успешных испытаний системы "Горизонт-М" в 1962 г. силами треста "Радиострой" начался монтаж всех сооружений и максимально усиленных огромных антенн с большим раскрывом 20×20 м или 30×30 м. На каждое направление связи устанавливались по две антенны. К строительно-монтажным работам также привлекались военные строители — Военно-восстановительное управление (ВВУ) при Министерстве связи СССР. В 1963 г. на Красноярском заводе телевизоров началось серийное производство оборудования ТРРС.

Основные технические характеристики "Горизонт-М":

— диапазон рабочих частот — 821...853 МГц и 969...997,6 МГц;

— средняя длина участка — 300 км;

— число каналов тональной частоты — 60;

— число служебных каналов — 2;

— число контрольных каналов — 2;

— вид приёма — четырёхкратный разнесённый по частоте и в пространстве;

— полоса пропускания приёмника (по ВЧ) — 12 МГц;

— мощность передатчика — 3 кВт (на некоторых интервалах использовались передатчики мощностью 5 кВт);

— число передатчиков оконечной станции — 2;

— полоса излучаемых частот передатчика — 6 МГц;

— тип усилительного прибора передатчика — четырёхпролётный резонаторный клистрон КУ-301 "Виноград";

— система охлаждения — воздушно-водяная;

— электропитание — два автоматизированных дизель-генератора ДГА-48.

Около пяти лет понадобилось для построения сети ТРРЛ протяжённостью 13325,7 км, содержащей 46 станций. Оборудование "Горизонт-М" постоянно модернизировалось с учётом эксплуатации сети "Север". В частности, для борьбы с интерференционными замираниями была разработана система "Аккорд", в которой, наряду с разнесённым приёмом, использовался автокорреляционный приём составных сигналов. Также постоянно велись работы по повышению надёжности оборудования. В результате в 1977 г. коэффициент исправного действия сети "Север" составил 99,99 %!

Обслуживанием ТРРЛ занимались военные из-за крайне тяжёлых социально-бытовых условий в местах дислокации станций ТРС и невозможности набора гражданских специалистов на большинство объектов. Фактически сеть ТРРС, расположенных друг от друга на расстоянии 120...450 км, представляла собой автономные военные городки, самостоятельно решавшие вопросы обеспечения электроэнергией и теплом, эксплуатации техники, жизнеобеспечения и доставки необходимых грузов.

С учётом решений на уровне Правительства СССР о реконструкции сети "Север" в 1980 г. НИИР была завершена разработка 120-канального комплекса аппаратуры ТРС нового поколения ТР-120 для замены аппаратуры "Горизонт-М". Аппаратура обеспечивала работу дуплексного телефонного ствола ёмкостью 120 стандартных каналов тональной частоты. В 1996 г. было завершено переоснащение станций ТРРЛ "Север" новой аппаратурой.

Впоследствии физически и морально устаревшую тропосферную РРЛ "Север", обслуживающую 58 населённых пунктов, заменила современная система спутниковой связи. Конечно, сегодня эти ТРРС превратились в памятники эпохи, а им на смену пришли другие системы связи. В 2003 г. вся ТРРЛ "Север" была выведена из эксплуатации, войсковые части расформированы.

Однако ведущую роль в создании военных станций ТРС сыграли образованный в 1956 г. НИИ-129 (позже — МНИРТИ), КБ Красноярского радиотехнического завода и КБ Светловодского радиозавода. К серийному изготовлению аппаратуры для ТРРЛ были подключены Владимирский завод "Электроприбор", Красноярский завод телевизоров (ПО "Искра"), Красноярский радиотехнический завод ("НПП "Радиосвязь"), Светловодский радиозавод (ПО "Олимп") и ряд других заводов Министерства промышленности средств связи СССР.

На каждом этапе смены поколений техники рождаются уникальные по своим характеристикам долгожители, о которых специалисты будут часто вспоминать и приводить их в пример, как воплощение наилучших качеств изделия, характерных для своего времени. Таковым было семейство подвижных малоканальных станций тропосферной связи сантиметрового диапазона для оперативно-тактического звена управления Министерства обороны СССР "Корвет" (Р-133) и "Торф" (Р-412), разработанных в конструкторском бюро Красноярского радиотехнического завода (КБ КРТЗ).

В 80-х годах коллективом КБ КРТЗ в сотрудничестве с 16 ЦНИИИ МО для замены серийно выпускаемой тропосферной станции Р-412А "Торф" была проведена разработка семейства подвижных тропосферных станций, в том числе "Бриг-2А" (Р-423-2А). Эта станция, работающая в сантиметровом диапазоне длин волн, существенно превосходила свою предшественницу по пропускной способности (в полтора раза), по помехозащищённости — в 15 раз, по дальности интервала — в полтора раза, по количеству направлений связи от одной станции на порядок увеличена достоверность принимаемой информации, повышена надёжность, уменьшена потребляемая мощность, улучшены условия обитания обслуживающего персонала.

Основные технические характеристики ТРРС Р-423-2А:

— дальность связи в худшем по метеоусловиям месяце — до 210 км;

— вид разнесения сигналов — частотный;

— мощность излучения, не менее, Вт:
при работе двумя передатчиками 220;
при работе одним передатчиком 120;

— тип антенны — параболическая, диаметром 2,65 м;

— коэффициент усиления антенны — 39 дБ;

— число направлений связи — два;

— вид передаваемой информации:
цифровая — со скоростью от 2,4 до 480 кбит/с;
аналоговая — до девяти телефонных каналов.

Вернёмся немного назад. В 1962 г. в МНИРТИ была разработана и успешно испытана первая ТРРС дециметрового диапазона "Баклан" (Р-408). В 1964 г. станция была модернизирована и серийно выпускалась под индексом Р-408М. Диапазон частот — 475...625 МГц. Диаметр антенны ТРРС — 10 м, выходная мощность передатчиков — 1 кВт. Протяжённость интервала связи достигала

120...150 км. Станция была предназначена для организации 12/24 телефонных каналов с частотным уплотнением. Технические характеристики ТРРС позволяли применять её для создания многоинтервальных линий большой протяжённости.

С 1967 г. начинается производство семейства станций дециметрового диапазона типа Р-410. Протяжённость интервалов связи составляла соответственно от 150 до 250 км. Тропосферные линии, построенные на основе станций указанного типа, могли иметь до десяти интервалов. Станции указанного типа широко использовались для создания как мобильных, так и стационарных линий тропосферной связи.

Станция "Атлет" выпуска 1969 г. понравилась военным. Система ТРС поддерживала десять интервалов (прыжков), передавая 12 речевых каналов. Диаметры внешних антенн — 5,5, 7,5 и 10 м. Уменьшенные копии ("Альбатрос") перемещались автомашинами "Урал-375", "Зил-131". Мобильные точки составляли цепь передачи информации, будучи расположенными в необходимых местах. Некоторые объекты были стационарными.

В 1975 г. в МНИРТИ была разработана ТРРС "Атлет-Д" (Р-420) для обеспечения связи на сверхдальних интервалах. Коэффициент шума приёмного устройства ТРРС был снижен до 3 дБ, был реализован счетверённый по пространству приём с разделением сигналов по поляризации и с их оптимальным последетекторным сложением. В приёмнике применены демодуляторы с обратной связью по частоте, повышающие помехоустойчивость приёма.

В состав станции входили две антенны "Атлет-АС16" диаметром по 16 м и коэффициентом усиления в рабочем диапазоне 35 дБ. Антенна сохраняла свою работоспособность при скорости ветра до 30 м/с. Указанные технические решения позволили увеличить дальность интервала связи до 350...400 км и существенно расширить спектр возможных применений тропосферных линий.

В передатчиках использовались мощные СВЧ-тетроды, разработанные на заводе "Светлана" для ТВ-передатчиков УКВ-диапазона (ГС-17Б). В передатчике "Атлет-Д" с выходной мощностью 5 кВт удалось получить высокий КПД и найти эффективный способ теплоотвода, что позволило заменить систему водяного охлаждения электродов лампы на систему воздушного охлаждения и тем самым существенно упростить условия эксплуатации ТРРС. Благодаря оригинальной конструкции колебательных контуров усилителя мощности и выбранному динамическому режиму работы специалистами МНИРТИ был разработан ряд современных в то время передатчиков для организации сверхдальних ТРРЛ на ТРРС "Атлет-Д".

Основные технические характеристики ТРРС Р-420/Р-420М:

— диапазон рабочих частот — 476...525 МГц, 576...625 МГц;

— протяжённость линии — до 2500 км;

— дальность связи — до 420 км;

— число каналов/скорость передачи — 24 телефонных канала или 480 кбит/с;

— кратность разнесения — 4;

— транспортные единицы — семь "Урал-375", один "ЗИЛ-131" + шесть прицепов;

— мощность передатчика — 4500 Вт;

— время развёртывания — 30 мин.

Начиная с 1966 г., одновременно с созданием аналоговых тропосферных станций дециметрового диапазона, в МНИРТИ велись исследования вопросов передачи дискретной информации в тропосферных каналах, когерентных методов приёма информации, оптимальных методов сложения многократно разнесённых по пространству и частоте сигналов. Результаты исследований были использованы при разработках нового поколения ТРРС сантиметрового и дециметрового диапазонов.

Последующие разработки предполагали дальнейшее освоение сантиметрового диапазона и переход к цифровым методам передачи. Так, например, широкополосная ТРРС "Багет" (Р-417) обеспечивала работу в сантиметровом диапазоне волн, имела 16-кратный частотно-пространственный разнос. Максимальная дальность связи с использованием станций Р-417 достигает 1900 км при интервале до 190 км, что обеспечивает передачу 60 телефонных каналов или передачу данных со скоростью до 2,048 Мбит/с. Станция оснащена четырьмя антеннами диаметром 2,65 м или четырьмя антеннами размерами 3×5 м.

В 1980 г. была создана ТРРС сантиметрового диапазона "Багет-1" (Р-417), предназначенная для развёртывания многоканальных многоинтервальных линий связи протяжённостью до 2000 км. Дальность одного интервала составляла до 200 км. Станция обеспечивала передачу либо 60 телефонных каналов, либо дискретной информации со скоростью до 480 кбит/с. В станции впервые в мировой практике был применён 16-кратный частотно-пространственный разнесённый приём.

В 1981 г. в МНИРТИ разработана цифровая ТРРС сантиметрового диапазона "Бриг-1" (Р-423-1). Станция обеспечивала скорость передачи информации 2 Мбит/с на интервале протяжённостью 150 км и скорость 64 кбит/с на интервале до 230 км.

С 1981 г. по 1984 г. на базе Р-420/Р-420М в МНИРТИ были разработаны цифровые тропосферные станции дециметрового диапазона "Эшелон" (Р-444) и "Эшелон Д" (Р-444-7,5). Эти станции обеспечивали скорость передачи информации до 1 Мбит/с на интервале протяжённостью 130...150 км и скорость 48 кбит/с на интервале до 240 км.

Важная роль в военной связи отводится опорным сетям. Они должны обеспечивать возможность быстрого наращивания связи в любом направлении на значительные расстояния. Решение этой проблемы потребовало поиска новых, нетрадиционных подходов. По совокупности предъявленных требований лучше всего поставленной цели соответствовали тропосферные радиорелейные линии (ТРРЛ), для которых характерны большие интервалы между станциями.

В 1987 г. на основе ТРРС "Багет-С" (Р-417С) и"Атлет-ДС" (Р-420С) на территории шести стран-участниц Варшавского договора СССР, Польши, ГДР, Чехословакии, Венгрии и Болгарии была развёрнута автоматизированная сеть управления и связи под названием "Барс". В декабре 1987 г. эта сеть была успешно сдана в эксплуатацию. По своим основным параметрам она превосходила лучшую зарубежную систему аналогичного назначения, построенную в Европе систему связи НАТО ACE High.

В составе сети "Барс" было организовано 26 узлов, обеспечивавших связь на 29 интервалах. Общая протяжённость линий составляла около 5000 км. В сети использовалось 54 комплекта ТРРС Р-417С в стационарном варианте и четыре комплекта сверхдальней ТРРС Р-420С для обеспечения связи на двух участках протяжённостью до 500 км. Система обеспечивала работу с интервалами до 160 км при 60...120 телефонных каналов, а также передачу данных с высокой достоверностью. Приёмники ТРРС имели пониженный коэффициент шума (около 2 дБ), на антеннах были установлены блоки малошумящих усилителей, к разработке которых в своё время приложил руку автор статьи.

Сеть управления и связи "Барс" обладала повышенной помехозащищённостью и надёжностью работы, которые обеспечивались как за счёт высокой собственной аппаратурной надёжности тропосферных станций, так и за счёт организации в сети обходных интервалов связи. В основу создания системы "Барс", как элемента базовой автоматизированной системы обмена информацией, построенной на единой информационно-технической основе с первичной сетью, был положен зоновый принцип организации связи. В каждой зоне на базе опорных узлов связи созданы линии тропосферной связи с пространственно-частотным разносом. Система допускала возможность привязки к ней полевых узлов связи и её наращивания за счёт любых серийных тропосферных, радиорелейных или кабельных линий на расстояние до 1000 км при условии, что суммарная протяжённость тропосферных интервалов не будет превышать 1500 км при расчётной надёжности не менее 90 %, а протяжённость радиорелейных или кабельных линий при той же надёжности не будет превышать 2500 км.

С целью обеспечения необходимых требований были проведены доработки аппаратуры тропосферной связи, аппаратуры уплотнения (по характеристикам ТЧ-канала), аппаратуры вторичного уплотнения (по уровню загрузки) и аппаратуры конфиденциальной связи. В результате по своим электрическим параметрам система "Барс" была приведена в соответствие с требованиями МСЭ, что обеспечивало её сопряжение с телефонной сетью общего пользования по стандартным стыкам.

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

Отличительными особенностями системы являлись повышенная помехозащищённость и надёжность работы, которые обеспечивались как за счёт высокой собственной аппаратурной надёжности, так и наличия в сети двух и более обходных путей. Фактическая надёжность связи между двумя любыми объектами была не менее 99,99 %.

Системы централизованного и распределённого управления сетью связи, телеконтроля и телесигнализации охватывали опорную сеть в целом. Управление элементами сети осуществлялось по системе служебной связи, исключавшей возможность несанкционированного доступа. Каналы системы управления дублировались аварийной коротковолновой радиосвязью. С прекращением Варшавского договора сеть потеряла свою актуальность.

Разумеется, это далеко не всё. В сводной **таблице** приведены основные технические характеристики разработанных в МНИРТИ тропосферных радиорелейных станций.

Казалось бы, на этом можно было бы завершить исторический рассказ о восходе и закате ТРС, интересный разве что любителям ретро-систем связи, потому что высокая энергоёмкость, относительно невысокая надёжность и соответствующее техобслуживание уменьшают коммерческий потенциал ТРРС. Однако, несмотря на широкое (и всё более растущее) применение спутниковых средств в сетях и системах связи и развитие проводных сетей, отечественные радиоинженеры полагают, что средства тропосферной загоризонтной связи сохраняют свой потенциал для использования как в сетях специального, так и коммерческого назначения.

В сетях специального назначения преимуществом тропосферных средств перед спутниковыми является более высокая живучесть в условиях вооружённых конфликтов и/или антитеррористических мероприятий. В коммерческих сетях применение тропосферных средств в некоторых случаях может быть экономически выгоднее, чем применение спутниковых. В частности, использование ТРРС в высоких северных широтах остаётся целесообразным, поскольку применение спутниковой связи через геостационарные спутники там принципиально невозможно. Так что после почти 30-летнего перерыва в развитии ТРС в нашей стране она снова становится потенциально востребованной в малонаселённых отдалённых регионах, поскольку актуализируется создание инфраструктуры связи для освоения Арктики, бассейнов рек Сибири, восстановления Севморпути, установления связи с островами Арктики, строительства северных энергодобывающих и военных объектов, укрепления восточных морских границ и т. п. Требуется связь с мобильными геологоразведочными комплексами, ведущими работы в Северных регионах страны. Скорее всего, сеть низкоорбитальных спутников Starlink от Илона Маска нам не подойдёт, а свои подобные сети только проектируются.

Тип ТРРС	Год разработки	Технические характеристики			
		Диапазон частот*	Число каналов	Скорость передачи, кбит/с	Протяжённость интервала, км
Р-408	1962	дм	6		120
Р-408М	1964	дм	12		150
Р-410	1967	дм	12...24		160
Р-410-7,5	1968	дм	12...24		150
Р-410-5,5	1971	дм	12...24		130
Р-420	1975	дм	12		350
Р-417	1980	см	60	480	200
Р-423-1	1981	см		до 2 048	150
Р-444	1981	см		до 2×480	150
Р-444-7,5	1984	см		до 2×480	350
Р-417С	1984	см	60...120	480	200
Р-423-1КФ	1993	см		2 048	150

* Сокращения в таблице: дм — дециметровый, см — сантиметровый.

Сегодня ТРРС могли бы стать вспомогательным средством связи между отдельными пунктами, удалёнными до 100...300 км друг от друга либо от магистральных ВОЛС и узлов связи, что позволило бы частично возместить отсутствие инфраструктуры связи в ближайшие 20...30 лет, пока в Арктической зоне создадут развитую инфраструктуру на основе ВОЛС, низкоорбитальных спутников и пр. Кроме того, в коммерческих сетях применение ТРС на некоторые расстояния может быть экономически более выгодным, чем аренда спутниковых каналов (например, пункты вдоль Сибирских рек).

Ещё одна важная ниша на рынке ТРС — применение в современных военных средствах ПВО и ПРО, например, для управления радиолокаторами, вынесенными на 100...300 км от командных пунктов управления пуском ракет. Здесь преимуществом ТРС перед спутниковой связью является меньшая задержка сигналов управления, что важно в связи с существенным повышением скорости современных ракет. Кстати, в состав некоторых изделий военного назначения, разрабатываемых промышленностью, входят и ТРРС.

К наиболее актуальным задачам в технике ТРС сегодня следует отнести повышение аппаратурной надёжности, обеспечение возможности длительной работы без технического обслуживания, а также всемерное упрощение эксплуатации и снижение энергоёмкости (что особо важно для удалённых объектов с автономным электропитанием).

В частности, энергетический выигрыш в ТРС можно получить с помощью так называемой "когнитивной технологии", запатентованной МНИРТИ 20 лет назад. Как известно, в "плохих" радиоканалах ТРС сигнал может теряться в шумах, в результате суммарный сигнал, восстановленный приёмником, будет иметь заметно меньшее отношение сигнал/шум по сравнению со случаем передачи всей мощности передатчика на одной самой оптимальной частоте, которая в данный момент имеет наилучшее прохождение на трассе (с минимальными шумами и искажениями). Сущность когнитивной технологии состоит в "самообучаемости" системы связи. Когнитивная ТРРС (КТРРС) непрерывно анализирует условия распространения радиоволн на трассе, определяет самую оптимальную частоту и мгновенно перестраивает на неё всю ТРРЛ. В итоге вся мощность передатчика используется только на оптимальной частоте, где потери и искажения минимальны. Каждый следующий пакет информации передаётся на новой, непредсказуемой частоте, определяемой очередным тестированием радиоканала.

Первая в мире экспериментальная когнитивная ТРС "Ладья" была создана МНИРТИ более десяти лет назад и обладала выходной мощностью передатчиков всего 40 Вт. "Ладья" была всесторонне испытана, и результаты полевых испытаний полностью подтвердили расчётные показатели когнитивной технологии.

Ещё одним известным кардинальным решением проблемы надёжности является создание ТРРС с фазированными антенными решётками (ФАР), с заменой мощного передатчика на комплект относительно маломощных модулей. При этом отказ одного модуля не приводит к нарушению связи, а оперативно заменить его из состава ЗИП может сам потребитель. Идея применения ФАР в ТРС, выдвинутая в своё время ведущим отечественным специалистом в области ТРС И. Р. Сиваковым, широко обсуждается, однако реальные работы в промышленности в этом направлении, к сожалению, так и не начались из-за отсутствия у одних предприятий собственных оборотных средств, а у других — необходимых компетенций. Впрочем, "ещё не вечер".

ЛИТЕРАТУРА

1. **Серов В. В., Сеченых А. М.** Развитие тропосферной связи в МНИРТИ. История и перспективы применения. "ИНФОРМОСТ" — Радиоэлектроника и Телекоммуникации, 2006, № 4 (46), с. 37—39.

2. **Мырова Л. О., Шевырев А. В., Мусаелян С. А., Попов И. С., Ворощак В. А.** Второе рождение тропосферной связи. Когнитивные радиостанции с фазированной антенной решёткой. — Труды НИИ РАДИО, 2020, № 3, с. 9—14.

А также по материалам ***computer-museum.ru, setinoid.ru, r91353ba.beget.tech/brig.html, kik-sssr.ru, trrlsever. org, trcvr.ru, habr.com***

Через тернии — к микросхемам

А. ЧЕЧНЕВ, пос. Володарского Московской обл.

Часть 1

Для любознательных читателей и специалистов сейчас благодатные времена. Информацию по любому интересующему вопросу можно найти в воспоминаниях сотрудников когда-то закрытых заводов и институтов или на специализированных сайтах, в том числе — и по истории создания микросхем в нашей стране.

Просмотрев доступные материалы, пришёл к выводу, что до сих пор всё неопределённо, поскольку чётко и понятно нигде не изложено. Представлены разные, часто противоречивые мнения о времени создания, авторах и организациях-разработчиках.

II. ОКР -УМ-I" - изготовление совместно с Ленинградским Военно-Механическим институтом 3 опытных образцов машины на серийных полупроводниках.

Фото 1

Решил восполнить этот пробел и провести исследование по истории создания микросхем в Советском Союзе. Понятно, что вопросы всё равно останутся. Это тема очень разнообразна, да и доступных документальных подтверждений, из-за закрытости тематики, не очень много. В статье сохранена принятая в те времена терминология.

Вступление

В 1960 г. НИИ-131 (г. Ленинград), в будущем Всесоюзный Научно-исследовательский институт радиоэлектронных систем (ВНИИРЭС концерна "Ленинец"), выполняя приказы заместителя председателя ГКРЭ А. И. Шокина № 353сс и № 490сс, широко развернул работы по использованию полупроводников и микромодулей в изделиях института.

Эти работы показали возможность коренного изменения технических и тактических характеристик аппаратуры с применением новых элементов. Улучшение заключалось не только в изменении массы и габаритов, но и в точностях характеристик, надёжности и безотказности в работе, простоте эксплуатации. Институт, выполняя приказы, разработал схемотехнические решения, обеспечивающие возможность микроминиатюризации бортовых вычислительных машин для ракет и самолётов, автоматических систем управления, устройств обработки радиолокационной информации и др.

В СКБ-2, подразделении НИИ-131, к этому времени (конец 1960 г.) под руководством Фёдора Георгиевича Староса была закончена разработка управляющей машины УМ-1. Совместно с Ленинградским Военно-техническим институтом было изготовлено три опытных экземпляра. Курировал все работы главный инженер НИИ-131 Смирнов Вениамин Иванович. Схемотехнику управляющей машины создавал Бородин Николай Иннокентьевич. По разным причинам УМ-1 не нашла применения в качестве бортовой вычислительной машины, но на её основе была создана передовая по тем временам машина для народного хозяйства УМНХ-1, предназначенная для решения задач контроля техпроцессов и специализированных расчётов (**фото 1**).

9. ОКР "Микроминиатюрная вычислительная машина на полупроводниках". Шифр "УМ-2".

Проводилась разработка эскизного проекта.

Разработан метод конструирования элементов вычислительных устройств с применением плоских микротранзисторов, печатного монтажа и микроминиатюрных радиодеталей.

Фото 2

В целом, разработка УМ-1 и УМНХ-1 соответственно была основана на ряде принципиально новых перспективных схемотехнических и технологических решений, ранее использованных в машине CDC-1604 американской компании Control Data Corp инженера Сеймура Крэя. CDC 1604 использовалась для обработки данных в режиме реального времени, управления системами вооружения, решения крупных научных и коммерческих задач.

Новая схемотехника позволила значительно повысить надёжность сложных электронных блоков и устройств при уменьшении габаритов и массы. Так, все логические элементы схемы построены на транзисторной потенциальной логике с непосредственными связями активных электронных компонентов при работе на пониженных (почти в 100 раз) энергетических уровнях, против номинальных. Это обеспечивало повышенную помехоустойчивость и надёжность работы как самих элементов, так и машины в целом, чрезвычайно узкую номенклатуру применяемых электронных компонентов, использование дешёвых массовых транзисторов без отбраковки и малое потребление энергии. Использование логического элемента НЕ-ИЛИ на дискретных транзисторах для выполнения практически всех логических функций упростило задачу конструирования. В машине впервые были применены оригинальный миниатюрный куб памяти на многоотверстных интегральных ферритовых пластинах и унифицированные платы.

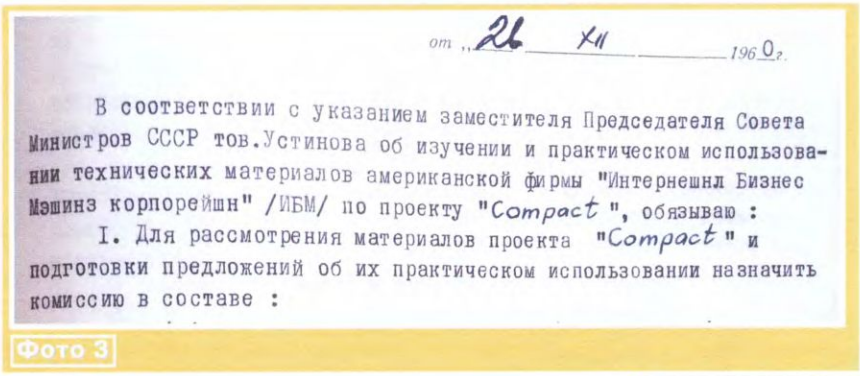
Параллельно с разработкой машины УМ-1 велась и разработка машины УМ-2, где ставилась задача дальнейшего уменьшения габаритов и массы при увеличении быстродействия (**фото 2**). В этой связи лаборатория полупроводников НИИ-131 предложила использовать транзисторы П15, но без корпуса, и разработала особую технологию герметизации эпоксидными смолами.

В начале 1961 г. для повышения быстродействия узлов и блоков УМ-2 институт стал получать от опытного завода НИИ-35 бескорпусные транзисторы, аналоги транзисторов П401—П407. В дальнейшем, правда недолго, институт сам стал производить германиевые бескорпусные транзисторы для СКБ-2, называя их плоскими для плёночных схем. Эти транзисторы имели обозначение МТ-10. Позднее было налажено производство кремниевых транзисторов аналогичного назначения МТ-10к в НИИ-35.

Задача повышения быстродействия была решена, а для уменьшения габаритов нужно было создавать миниатюрные печатные платы с микромодульными элементами. Казалось бы, зачем

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

придумывать что-то, ведь НИИ-131 уже успешно разрабатывает и выпускает аппаратуру на микромодулях. В конце 1960 г. в результате исследования материалов по теме Compact американской компании IBM (**фото 3**) СКБ-2 проводит научно-исследовательскую работу "Решётка" и создаёт отечественную технологию по изготовлению плёночных схем методом вакуумного напыления. Использование бескорпусных транзисторов и малогабаритных конденсаторов гарантированно обеспечивало как минимум пятикратное снижение объёма. Заниматься этим в институте в начале 1961 г. как раз и было поручено СКБ-2, руководителем которого, напомню, был Ф. Г. Старос. Силами предприятия было закуплено и создано всё необходимое оборудование для выполнения этой работы.



от "26" XII 1960 г.

В соответствии с указанием заместителя Председателя Совета Министров СССР тов.Устинова об изучении и практическом использовании технических материалов американской фирмы "Интернешнл Бизнес Мэшинз корпорейшн" /ИБМ/ по проекту "Compact", обязываю :

I. Для рассмотрения материалов проекта "Compact" и подготовки предложений об их практическом использовании назначить комиссию в составе :

Фото 3

В эти годы институт приступил к созданию автономных устройств обработки радиолокационной информации ещё до подачи её в индикаторное устройство или устройство автоматики. Необходимость обработки диктовалась такими задачами, как распознавание целей, самоориентировка ракет, очищение полезных сигналов от мешающих отражений и др.

По существу своему эти устройства должны были стать специализированными логическими цифровыми машинами. Автономные дискретные дальномерные устройства, работающие с высокой точностью, требуют аналогичных устройств, имеющих связь с центральной управляющей машиной (ЦВМ) и разгружающих её от частной задачи.

ЦВМ, управляющие и специализированные цифровые вычислительные машины (СЦВМ) должны быть обязательно дешёвыми. Дешёвыми настолько, чтобы была экономическая возможность их одноразового использования. Если стоимость дорогих наземных и корабельных ЦВМ и СЦВМ как-то окупается в процессе их эксплуатации, то в ракетно-авиационных системах такой возможности нет.

Поэтому было уделено особое внимание снижению стоимости элементов и производства в целом. Вопросы надёжности играют тоже не последнюю роль, в этой связи необходимо было использовать или создать вновь такую компонентную базу, при использовании которой решался бы вопрос обеспечения надёжности как при хранении изделий, так и при их использовании.

В этой связи параллельно с работой, проводимой в СКБ-2 по созданию ЦВМ УМ-2, лаборатория полупроводников института, её сотрудники стали искать пути снижения себестоимости активных компонентов с одновременным повышением надёжности.

В течение 1960—1962 гг. в разных зарубежных источниках было опубликовано много экспериментальных и теоретических исследований, посвящённых полупроводниковым приборам с отрицательным дифференциальным сопротивлением, создаваемых на основе использования четырёхслойной германиевой p-n-p-n структуры. Ведущие разработчики вычислительной техники пытались создать переключающиеся полупроводниковые приборы с двумя устойчивыми состояниями. Эти работы привели к созданию неуправляемых полупроводниковых переключателей — динисторов и других подобных приборов.

Такая комбинация p-n переходов привлекла внимание специалистов института, сотрудников лаборатории полупроводников НИИ-131, как в силу своих богатых возможностей, так и в силу того обстоятельства, что можно было попробовать создать эти переходы, используя собственные возможности и серийное производство транзисторов П403 на заводе "Светлана".

В результате многочисленных экспериментов и комбинаций в ходе получения необходимой переключательной структуры появилась идея использовать один из вариантов для реализации цифровой функции "НЕ-ИЛИ", заменив ей

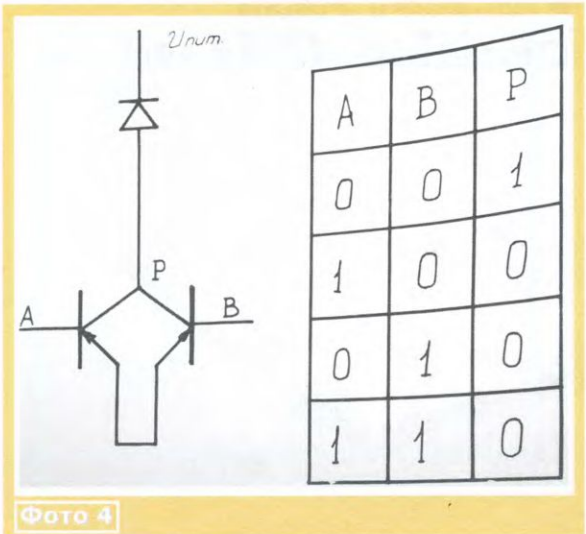


Фото 4

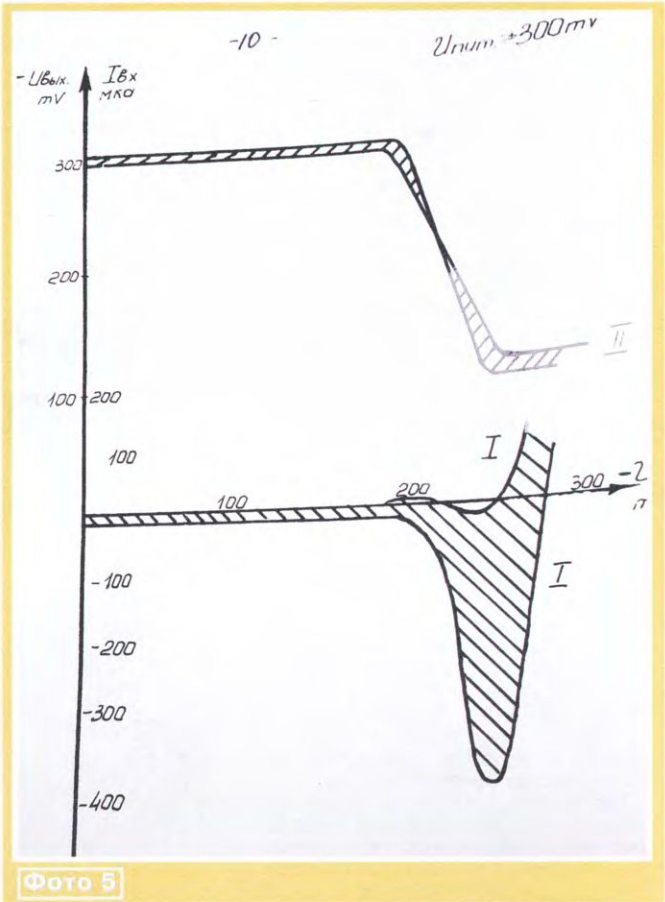


Фото 5

два отдельных транзистора в вычислительном устройстве.

Здесь надо пояснить, что число элементов в дискретных устройствах, как правило, велико и даже в относительно простых измеряется тысячами, поэтому необходимо было создать элементы, годные для автоматизированной сборки. Существовавшая на тот момент серийная конструкция покупных микротранзисторов и транзисторов МТ-10 не позволяла использовать их в этом процессе.

Плёночная микроэлектроника только начинала создаваться, да и ко всему прочему СКБ-2 с 1 июля 1961 г. перешло в другое министерство, в подчинение Комитету по электронной технике. При этом НИИ-131 передало всё оборудование и оставило всех бывших своих сотрудников во главе с Ф. Г. Старосом в занимаемых ими помещениях института на правах аренды.

ТС-233

После отделения СКБ-2 во второй половине 1961 г. институт испытывал большие трудности в организации работ по созданию новых малогабаритных вычислительных машин. Для решения проблемы была создана и начала работать лаборатория микроминиатюрной радиоэлектроники — лаборатория 571. Основной её задачей стала разработка вопросов применения в объектах института микромодулей, микротранзисторов и твёрдых электронных схем. Термин твёрдая схема появляется в отчёте НИИ-131 за 1961 г. Появляется вполне закономерно! Именно в это время специалисты лаборатории полупроводников НИИ-131, изучая ключевые p-n-p-n структуры, параллельно создали логический элемент "НЕ-ИЛИ" на кристалле германия размерами 1×1×0,2 мм.

После всесторонних исследований было принято решение об использовании приборов этого типа в схемотехнике ЦВМ и СЦВМ для решения собственных, описанных выше, задач. Две пары управляющих и управляемых переходов представлены в виде двух параллельно соединённых транзисторов, а общий p-n переход — в виде диода, являющегося их нагрузкой. Базы транзисторов соответствуют двум входам A и B, а параллельно соединённые коллекторы транзисторов — выходу P (**фото 4**).

Работа функциональной твёрдой схемы осуществляется следующим образом. Плюс источника питания прикладывается к крайним p-областям, являющимися эмиттерами, а минус — к крайней n-области, т. е. катоду диода нагрузки. Если на входах A и B сигналы равны логическому нулю (напряжение близко к напряжению эмиттеров), почти всё падение напряжения имеет место на обратно смещённом внутреннем переходе и сигнал на выходе близок к напряжению питания (логическая 1).

При подаче на любой из входов напряжения с уровнем логической 1 имеет место инъекция дырок из p-области эмиттера, вызывающее одновременную инъекцию электронов из общей n-области. Через кристалл начинает протекать ток, потенциал общей p-области повышается, и на выходе будет напряжение, близкое к напряжению эмиттера, т. е. сигнал, соответствующий логическому 0. Одновременная подача на входы сигналов логических 1 также создаёт на выходе сигнал, соответствующий логическому 0. Таким образом, имеет место выполнение логической операции "НЕ-ИЛИ". Созданная германиевая функциональная твёрдая схема работала в интервале питающих напряжений 0,3...0,5 В. Обобщённые входные характеристики (I) и характеристики передачи (II) для большого числа твёрдых схем приведены на **фото 5**.

Используя эти наработки, в течение 1962 г. отдел номер 570 НИИ-131 завершил научно-исследовательскую работу "Гном" разработкой унифицированных функциональных узлов на твёрдых схемах для использования их в дальномерных, угломерных и вычислительных устройствах. Была разработана и технологическая оснастка для механизированной сборки узлов.

Однако использование серийной технологии транзисторов П403 для производства твёрдых схем не позволяло решить главную задачу — создание дешёвого элемента для бортовых СЦВМ.

Огромные трудоёмкости создания переходов, ручные способы присоединения к ним золочёных выводов и их разводка, низкий выход годных приборов в силу применения ручных работ при осуществлении самых тонких технологических процессов создания переходов не позволяли надеяться на успешное решение задачи создания дешёвой машины. Задача автоматизации сборки большого числа таких твёрдых схем тоже совершенно не решалась.

Положение коренным образом изменилось после того, как все эти вопросы были рассмотрены специалистами Рижского приборостроительного завода (РПЗ) п/я 233. Ими были предложены автоматизированные процессы создания как самих твёрдых схем, так и способов их соединения. А основой создания был метод прецизионной микрофотолитографии, который использовался в разрабатываемой заводом линии "Аусма".

Большая работа была выполнена и НИИ-131 в части оснащения прецизионными механизмами автоматической линии "Аусма" для изготовления твёрдых схем. В том же 1962 г. на РПЗ начали создавать автоматизированное оборудование для сборки функциональных узлов на отдельных кристаллах.

Таким образом, работы по промышленному производству твёрдой схемы были сосредоточены на Рижском заводе, а в институте широким фронтом развернулись работы по отработке схем и определению оптимальных характеристик, обеспечивающих совместную работу большого их числа.

В этих целях в Риге была выпущена большая партия твёрдых схем по старой ручной технологии. Это была первая партия твёрдых схем, изготовленная на заводе и получившая название ТС-233.

Временные технические условия, которые были заданы, предусматривали следующие значения параметров:

Напряжение питания, не более, В 0,35

Напряжение на выходе в закрытом состоянии меньше напряжения питания на величину, мВ, не более 20

Напряжение на выходе в закрытом состоянии (сигнал логической 1), мВ, не менее 130

Напряжение на выходе в открытом состоянии (сигнал логического 0), мВ, не более 120

Напряжение на входе в открытом состоянии меньше напряжения питания на, мВ, не менее 20

Фото 6

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

В силу использования для изготовления функциональных твёрдых схем "НЕ-ИЛИ" технологического процесса, специально для этой цели не предназначенного, получавшиеся элементы имели недостатки: интервал напряжения питания твёрдых схем узок и равен ±10 %; время спада фронта импульса в среднем — около 1 мкс; потребляемая мощность — около 3 мВт. Малый интервал напряжений был результатом низкой повторяемости параметров.

Конструкция твёрдой схемы такова, что шина питания осуществляет теплоотвод и является конструктивным элементом, таким образом, обеспечивается возможность создания узлов с большой плотностью компоновки. Для экспериментальных работ твёрдые схемы располагались на микромодульных галетах.

В деле отработки твёрдых схем на германии РПЗ не ограничился разработкой технологии прецизионной микрофотолитографии, а на базе предложений инженера РПЗ Осокина провёл ряд коренных усовершенствований схемы и конструкции, которые и нашли своё завершение в создании приборов Р-11, а в дальнейшем приборов Р12-2 и Р12-5.

С целью расширения интервала рабочих напряжений и быстродействия логической переключающей твёрдой схемы "НЕ-ИЛИ" общий p-n переход в нагрузке был заменён резистором. Твёрдая схема Р-11 (**фото 6**) изготовлялась методом мезатехнологии, сущность которого рассмотрим на примере исходного материала p-германия:

1. Путём диффузии сурьмы образуется на поверхности германиевой пластины p-типа n-слой толщиной около 20 мкм.

2. Путём вплавления образуются управляющие переходы, а также вплавляются электроды входов.

3. Управляющие переходы отделяются от остальной части диффузионного n-слоя травлением через защитную маску. При этом электрод входа оказывается соединённым с управляющим переходом соединительным n-слоем на поверхности пластины, а коллекторные области остаются соединёнными.

4. В коллекторную область проводят вплавление электродов питания так, что напряжение на коллекторный переход подаётся через электрод диаметром 60...100 мкм, что эквивалентно включению активной нагрузки сопротивлением 900...400 Ом соответственно.

Типовые параметры Р-11

Напряжение на выходе в открытом состоянии, мВ, не более 100
Напряжение на выходе в закрытом состоянии, мВ, не менее 200
Напряжение питания, В ..... 1...3
Время переключения и время рассасывания мкс 0,2
Потребляемая мощность, мВт, не более 2

Приборы Р-11 можно было использовать при построении устройств с непо-

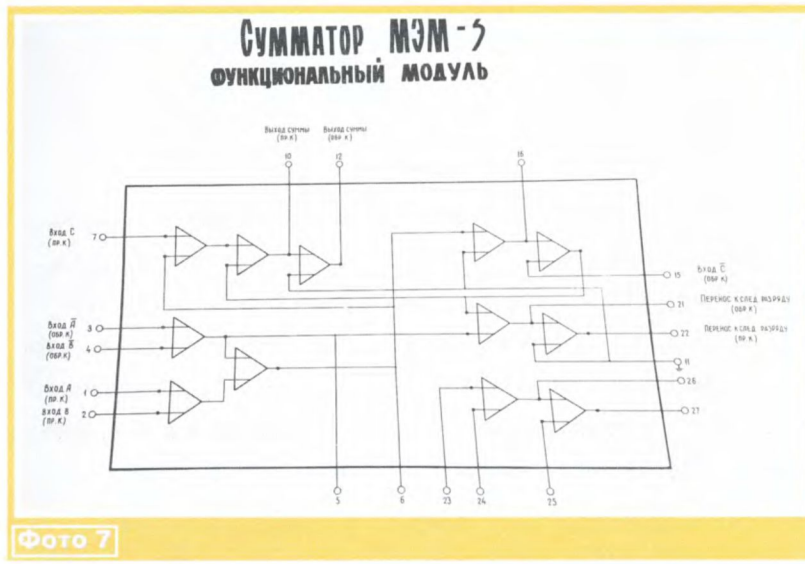


Фото 7

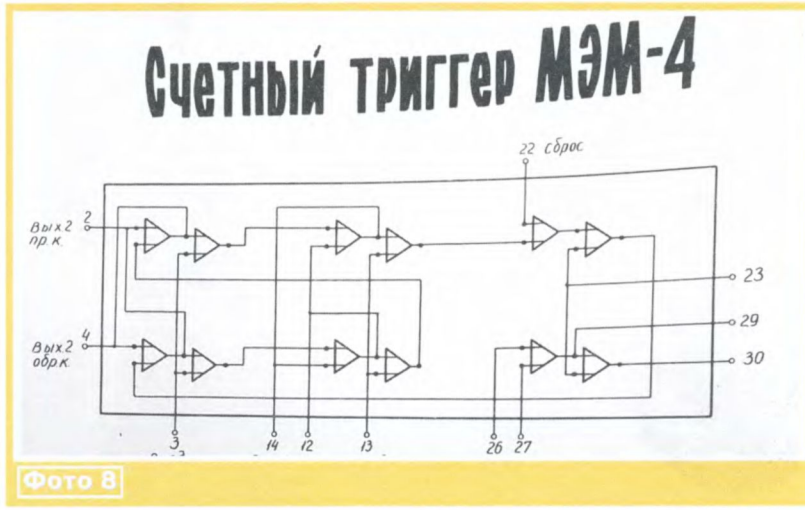


Фото 8

Фото 9

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

средственными связями. Как известно, такие устройства чувствительны к разбросу входных характеристик используемых элементов. В НИИ-131 были созданы экспериментальные образцы твёрдых схем со смещением по входу, свободные от этого недостатка и имеющие больший интервал рабочих температур. Но они оказались сложны в коммутационном отношении и имели большую потребляемую мощность. Поэтому главным путём преодоления этой трудности инженеры института выбрали изменение технологии на планарную, при которой отдельные твёрдые схемы изолируются друг от друга обратносмещёнными p-n переходами.

Таким образом, с целью создания логических функциональных блоков отпадает необходимость разрезания пластин на отдельные части, и все необходимые соединения можно выполнить путём микрофотолитографии на поверхности пластины германия. Так как в этом случае твёрдые схемы изготовлены единым технологическим процессом и на одной пластине, их входные характеристики и параметры будут очень похожи.

Напряжение на выходе открытой твёрдой схемы, созданной по такой технологии, — около 30 мВ, что резко повысило надёжность работы цепей. Из отчёта за 1963 г. следует, что изменение технологии на планарную увеличило процент выхода структур до 85...90 %, что позволило создавать типовые функциональные модули (**фото 7—фото 9**) из большого числа твёрдых схем "НЕ-ИЛИ", не разделяя их на отдельные кристаллы. Плотность упаковки достигала 250...500 штук в 1 см^3. Причём низкое энергопотребление допускало такую плотность компоновки.

К сожалению, нигде в более поздних документах не удалось найти подтверждения того, что логические блоки строились на неразделённых структурах германиевой пластины.

С середины 1964 г. РПЗ приступил к серийному производству усовершенствованного варианта Р-11 с новым обозначением Р-12-2, которая с 1964 г. стала использоваться в функциональных модулях в НИИ-131 и поставляться на завод ВЭФ.

Чуть позже, после создания соответствующего оборудования, Р-12-2 и её модификацию Р-12-5 стали объединять по четыре штуки в одном корпусе и герметизировать. Завод в 1964 г. произвёл около 30000 штук твёрдых схем Р12-2, в 1965 г. — 92000 штук, Р12-5 серийно завод начал производить с 1967 г.

Благодаря проведённой работе по созданию унифицированных элементов для дискретных вычислительных устройств на твёрдых схемах ТС-233, Р11 и Р12-2 в НИИ-131 в 1964 г. была завершена опытно-конструкторская разработка бортового авиационного управляющего комплекса, БЦВМ, "Гном-1" (**фото 10**).

Использование новой элементной базы открыло возможности качественного изменения радиолокации. В частности, появилась возможность математической обработки принимаемых сигналов с целью распознавания наземных объектов или выделения сигналов на фоне шумов, а также управления локатором с помощью центральной вычислительной машины.

По ОКР "Гном-1" разработаны элементы дискретных вычислительных устройств на твердых схемах РI2-2 и туннельных диодах, разработаны и изготовлены вычислительные устройства машин. Конструкция машин базируется на прогрессивной технологии, применении многослойного печатного монтажа, новых синтетических материалах и высоком уровне механизации и автоматизации процессов изготовления и сборки.

Фото 10

Фото 11

Впервые в Советском Союзе проведен полностью фотолитографический процесс получения твердой схемы с пятикратным совмещением рельефов с минимальным размером 20 мк.

Фото 12

Планарная технология

В 1962 г. делегация наших специалистов посетила проходившую в Париже интернациональную выставку элементов электронной аппаратуры. Руководителем делегации тогда был главный инженер НИИ-34 Гайлиш Евгений Антонович.

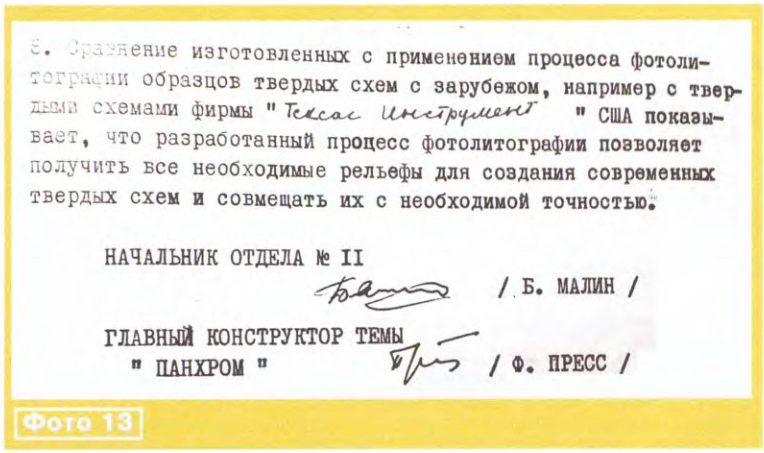
В отчёте по возвращении было указано на перспективность новой планарной, планарно-эпитаксиальной и мезатехнологии изготовления полупроводниковых приборов, позволяющей увеличить выход годных изделий до 90 % и сделать их по своим свойствам универсальными.

По приказу Государственного комитета по электронной технике № 95 от 2 июня 1962 г. НИИ-35 была поручена научно-исследовательская работа по теме "Панхром" — разработка метода фотолитографии, пригодного для использования в производстве универсальных кремниевых транзисторов.

Работа выполнялась с первого квартала 1962 г. и была закончена в первом квартале 1963 г. В результате выполнения работы была создана технология получения рельефа в плёнке окисла кремния с минимальными размерами 10 мкм, разработан метод получения углублений и выступов на кремнии глубиной (высотой) 10...15 мкм. Для обеспечения разработанной технологии было проведено исследование фоторезиста и организовано его промышленное производство на предприятиях Комитета по химии (НИОПИК). Освоено производство особо контрастных негативов с высокой разрешающей способностью на основе коллоидной эмульсии.

В итоге получены участки в окисле полупроводника с минимальным размером 5±1 мкм при расстоянии между

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



в. Сравнение изготовленных с применением процесса фотолитографии образцов твердых схем с зарубежом, например с твердыми схемами фирмы "Техас Инструмент" США показывает, что разработанный процесс фотолитографии позволяет получить все необходимые рельефы для создания современных твердых схем и совмещать их с необходимой точностью.

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА № II
/ Б. МАЛИН /

ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР ТЕМЫ
" ПАНХРОМ " / Ф. ПРЕСС /

Фото 13

ними также 5±1 мкм, а также углубления и выступы на кремнии размером по плоскости 40±3 мкм и глубиной 30±2 мкм. Получены совмещённые участки в окисле кремния при минимальном расстоянии между границами 20 мкм на длине 1,5 мм и диаметре пластины 30 мм (**фото 11**). Полученные результаты превзошли техническое задание.

Тем самым, впервые в Советском Союзе в НИИ-35 комплексно была решена задача создания головных образцов универсальных транзисторов. Разработаны базовые технологические инструкции фотолитографического процесса производства планарных транзисторов. Создана полностью герметизированная лабораторная линейка для проведения фотолитографического процесса. Причём результатом этих работ явилась именно разработка универсальной технологии, позволяющая использовать оборудование, при незначительной его переделке, для производства целой гаммы приборов различного назначения (**фото 12**, **фото 13**). Главным конструктором темы "Панхром" был Ф. П. Пресс.

Параллельно там же, в НИИ-35, началась работа по производству оборудования для изготовления первых базовых (универсальных) структур транзисторов по темам "Передел 1", "Передел 3" и "Передел 4". К концу 1963 г. на свет появились так всем нам знакомые транзисторы 1Т311, 2Т312 и 2Т803. Бескорпусный планарный транзистор 2Т319, ставший основным активным элементом для всех первых массовых гибридных микросхем, серийно начал производиться тоже в это время. Ну, а немного раньше, в ходе выполнения темы "Панхром", в самом начале 1963 г. Ф. П. Пресс создал первую в Советском Союзе кремниевую твёрдую схему.

(Продолжение следует)

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

МОСКВА. В рубрике "Новости радиовещательного приёма" не раз писали о судьбе ушедшего из эфира 1 мая 2019 г. радиоканала "World Radio Network" (WRN), который транслировал передачи многих международных вещателей на русском языке на частоте 738 кГц. Ситуация с возобновлением вещания вроде бы проясняется, это следует из заявления главного редактора радиоканала Вадима Алексеева: "...мы планируем вернуться в эфир в соответствии с обновлённой лицензией, точная дата будет анонсирована на нашем сайте, уведомления по электронной почте будут разосланы всем, кто интересовался этим вопросом в течение всего периода нашего отсутствия на диапазоне СВ. Мы рассчитываем, что всё это произойдёт уже в ближайшие недели". Сайт радиоканала <**http://wrn.ru**>.

На момент подготовки материала к сдаче на сайте WRN появилась информация о тестовом вещании на частоте 738 кГц ориентировочно с 13.00 до 16.00 (время московское). Лицензия на вещание была переоформлена 22 января 2021 г. Сокращённое наименование лицензиата — "Фонд технологии свободы".

В лицензию был внесён новый объект вещания — Ногинский радиоцентр-9 (вблизи г. Ногинска). Мощность передающего оборудования — 50 кВт.

АДЫГЕЯ. ГТРК "Адыгея" в летнем сезоне будет транслировать программы иновещания на коротких волнах по следующему расписанию:

— с 18.00 до 19.00 — на адыгейском, арабском и турецком языках по пятницам;

— с 18.00 до 19.00 — на адыгейском языке по понедельникам;

— с 19.00 до 20.00 — на адыгейском языке по воскресеньям.

Всё вещание будет вестись на частоте 6000 кГц, мощность передатчика — 100 кВт, азимут — 188 градусов.

АСТРАХАНСКАЯ ОБЛ. Роскомнадзор выдал лицензию на вещание в городах Астрахани и Ахтубинске круглосуточного российского православного радио "Вера". Запуск в городе Ахтубинске состоялся на Вербное воскресенье, которое в этом году было 25 апреля. В Астрахани радиостанция откроется чуть позже, на день Святой Троицы — 20 июня.

Карта вещания радиостанции насчитывает 70 городов России и ближнего зарубежья. Кроме Астраханской области, начать вещание в ближайшее время планируется ещё в пяти субъектах Федерации. Примечательно, что в сетке вещания новой астраханской радиостанции будет и местный контент. Данные о частотах трансляции пока не приведены (источник — URL: **https://astnews.ru/node/v-astrakhani-i-akhtubinske-otkryvaetsya-radio-vera/** (23.04.21)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 1 апреля радиостанцию "ТНТ Music Radio" могут слушать жители г. Белгорода, а также соседних населённых пунктов Белгородской и Воронежской областей. Вещание идёт на частоте 88,3 МГц (источник — URL: **https://vk.com/tntmusicradio?w=wall-46004176_18295** (23.04.21)).

С 9 апреля радиостанция "Радио Маруся ФМ"/Radio Marusya FM транслирует программы в г. Алексеевке на частоте 101,7 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiomarusyafm?w=wall-144294334_15866** (23.04.21)).

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. С 21 апреля на частоте 100,5 МГц в г. Коврове запускает своё вещание радиостанция "Новое радио".

"Новое радио" впервые вышло в эфир 30 ноября 2015 г. На данный момент оно вещает более чем в 110 городах России, а также в Литве и Молдове. Слоган радиостанции — "Главные русские песни" (источник — URL: **https://prospekt.media/2021/04/20/novoe-radio-teper-v-kovrove/** (23.04.21)).

ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ. В г. Могоче в начале апреля запустили передатчик для вещания "Радио России". Теперь жители районного центра и близлежащего населённого пункта Раздольное могут слушать любимую радиостанцию на частоте 101 МГц (источник — URL: **https://vk.com/zabnewsregion?w=wall-116754910_21833** (23.04.21)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. К сети вещания радиостанции "Радио Дача" в середине апреля присоединился

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

г. Усть-Лабинск. Частота вещания — 95,3 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/8014.htm** (23.04.21)).

К сети вещания радиостанции Love Radio присоединился г. Усть-Лабинск, частота вещания — 98 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/8016.htm** (23.04.21)).

К сети вещания радиостанции "Радио Дача" в начале апреля присоединилась станица Староминская. Частота вещания — 91,5 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/8004.htm** (23.04.21)).

КРЫМ. 1 апреля — знаковый день в истории "Радио Monte Carlo". К сети вещания радиостанции присоединился г. Симферополь. Радиостанция, в эфире которой звучит музыка мирового класса, начала вещание в столице республики Крым на частоте 99,1 МГц.

За первые месяцы 2021 г. к федеральной сети станции присоединились города Хабаровск и Казань. На очереди — Тольятти. Важно отметить, что вплоть до 2019 г. Monte Carlo вещало только в трёх городах: Москве, Санкт-Петербурге и Калининграде, оставаясь небольшой нишевой станцией (источник — URL: **https://russianmediagroup.ru/news/radio-monte-carlo-zazvuchit-na-krymskom-poberezhe** (23.04.21)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Ретро FM" вернётся в г. Выборг на частоту 91,2 МГц. Об этом официально заявил генеральный директор компании ООО "Медиа Телеком". Сейчас идут переговоры по открытию вещания и готовятся необходимые документы. Сразу отметим, что станция будет работать с собственного объекта в пос. Соколинское.

Напомним, что "Ретро FM" работала в г. Выборге на частоте 91,2 МГц под брендом радиоканала "Выборг FM" с 7 июля 2013 г. по 1 января 2021 г. (источник — URL: **https://vk.com/tvradio47?w=wall-67314840_3446** (23.04.21)).

В г. Кингисеппе прекращается вещание на частоте 98 МГц радиостанции "Радио Шок". Официально лицензия уже аннулирована. Станция работала в городе с 28 марта 2015 г., мощность передающего оборудования — 100 Вт. Вещание станции продолжается в Интернете (источник — URL: **https://vk.com/tvradio47?w=wall-67314840_3485** (23.04.21)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио родных дорог" с 1 апреля начала вещание в рабочем посёлке Серебряные Пруды. "Главные песни большой страны" (слоган) слушают там на частоте 105,1 МГц. Мощность передатчика — 10 Вт. Вещание ведётся с объекта в селе Куребино (источник — URL: **https://vk.com/tvradiomsk?w=wall-194965312_429** (23.04.21)).

МУРМАНСКАЯ ОБЛ. 1 апреля филиал РТРС "Мурманский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Снежногорске. Частота вещания — 92,6 МГц. Передатчик — мощностью 0,1 кВт, вещание "Радио России" ведётся с включением региональных программ ГТРК "Радио Мурман" (источник — URL: **https://murmansk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-snezhnogorske/** (23.04.21)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Коммерсант FM" прекратила вещание в г. Нижнем Новгороде ровно в полночь 1 апреля 2021 г. Об этом на своей странице в Instagram сообщил генеральный директор ООО "Радио Резонанс" Иван Юдинцев. Пока о дальнейшей судьбе частоты 95,6 МГц, на которой нижегородцы слушали "Коммерсант FM", неизвестно (источник — URL: **https://newsnn.ru/news/society/31-03-2021/odna-iz-radiostantsiy-nizhnego-novgoroda-prekratit-veschanie-s-1-aprelya** (23.04.21)).

ПСКОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Маруся ФМ"/Marusya FM появилась 1 апреля в г. Великие Луки. Вещание идёт на частоте 102,2 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiomarusyafm?w=wall-144294334_15793** (23.04.21)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. Программы ГТРК "Дон-ТР" на радиоканале "Вести FM" услышали с 15 апреля в г. Шахты. И таким образом, аудитория программ радио "Дон-ТР" на "Вестях-FM" вырастет ещё на 230 тысяч слушателей.

Каждый день с восьми утра до шести вечера (время местное) в конце часа на частоте 92,1 МГц шахтинцам станут доступны самые свежие и интересные новости региона: от политики до спорта. Добавим, что приход программ "Дон-ТР" на "Вестях" становится возможным после ввода в строй нового передатчика. Это будет 17-й УКВ-радиопередатчик, работающий в Ростовской области. Все они позволяют расширять зону вещания радио "Дон-ТР" (источник — URL: **https://www.nvgazeta.ru/news/14488/589419/** (23.04.21)).

РЯЗАНСКАЯ ОБЛ. 1 апреля филиал РТРС "Рязанский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "ТКР-FM" в г. Ряжске. Частота вещания — 103 МГц.

Каждый час в эфире радиостанции звучат федеральные и региональные новости. Музыкальный контент рассчитан на молодёжь. Звучат песни лидеров российских и мировых хит-парадов (источник — URL: **https://ryazan.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-tkr-fm-v-ryazhske/** (23.04.21)).

САХА РЕСПУБЛИКА (ЯКУТИЯ). Жителям долины Туймаада станут доступны ещё две радиостанции — "Вести FM" и "Вера". В столице республики трансляция радиостанции "Вера" на частоте 87,9 МГц началась 15 апреля, а вещание радиостанции "Вести FM" на частоте 87,5 МГц было запущено 5 апреля (источник — URL: **https://ysia.ru/zhitelyam-doliny-tujmaada-stanut-dostupny-eshhe-dva-radio/** (23.04.21)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 23 марта филиал РТРС "Свердловский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в городах Полевском, Кировграде и селе Башкарка.

Программы радиостанции в Полевском доступны на частоте 91,1 МГц, мощность передатчика — 30 Вт.

В Кировграде вещание программы "Радио России" ведётся на частоте 104,8 МГц, мощность передатчика — 30 Вт.

В Башкарке вещание программы "Радио России" ведётся на частоте 107,5 МГц, мощность передатчика — 10 Вт (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-radio-rossii-v-polevskom-kirovgrade-bashkarke/** (23.04.21)).

15 апреля в г. Екатеринбурге филиал РТРС "Свердловский ОРТПЦ" начал техническое вещание радиостанции "Мир". Вещание ведётся на частоте 97,9 МГц. мощность передатчика — 1 кВт, высота подвеса антенны — 160 м.

Сразу же после майских праздников жители Екатеринбурга услышали актуальные местные программы (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-zapustil-fm-translyatsiyu-radiostantsii-mir-v-ekaterinburge/** (23.04.21)).

ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ. Вещание радиостанций "Русский Хит" и "Искатель" запустили в г. Комсомольске-на-Амуре. Услышать "Русский Хит" можно на частоте 90,7 МГц, "Искатель" — на 91,5 МГц. Всего же в настоящее время в городе работают 16 радиостанций (источник — URL: **https://vk.com/wall-161985796_203251?w=wall-161985796_203251** (23.04.21)).

ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АО. 1 апреля Урало-Сибирский региональный центр РТРС начал трансляцию радиостанции "Маяк" в г. Салехарде на частоте 104,3 МГц. На радиотелевизионной станции РТРС в Салехарде установлен передатчик мощностью 30 Вт (источник — URL: **https://yanao.rtrs.ru//tv/analog/rtrs-nachinaet-fm-veshchanie-radiostantsii-mayak-v-salekharde/** (23.04.21)).

ПРОВОДНОЕ ВЕЩАНИЕ

Проводное радио имеет репутацию СМИ для пенсионеров, хотя даже сейчас у сервиса многомиллионная аудитория. Тем временем "Ростелеком" медленно уничтожает некогда популярное медиа — отказывается восстанавливать повреждённые линии и подключать новых пользователей (по мнению автора статьи).

Автор TJ изучил, как складывается непростая судьба проводного радио сегодня и можно ли в 2021 г. подключить радиоточку в квартире (источник — URL: **https://tjournal.ru/tech/124629-pyat-sovremennyh-tendenciy-provodnogo-radio-kak-ya-nachal-ego-slushat-i-chut-ne-stal-radiohuliganom** (23.04.21)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АЛЯСКА (США). С 14 апреля радиостанция KNLS заменила две частоты для своего вещания:

— с 11.00 до 12.00 на китайском языке теперь используется частота 9730 кГц вместо прежней 9735 кГц;

— с 15.00 до 16.00 на русском языке используется частота 9800 кГц вместо прежней 9730 кГц.

В 11.00 ранее были сильные помехи с соседней частоты 9740 кГц, где работает "Международное радио Тайваня" на японском языке. На новой частоте может возникнуть другая проблема — рядом на частоте 9725 кГц вещает "Международное радио Китая" на русском языке.

В 15.00 приёму на частоте 9730 кГц мешала неопознанная станция на китайском языке и "Международное радио Китая" на русском языке, а ближе к концу часа включался Вьетнам, который по расписанию начинает здесь работу в 16.00 (источник — URL: **https://www.knls.net/расписание/** (23.04.21)).

ВАТИКАН. В связи с переходом на летнее время, начиная с 28 марта, в расписании вещания на русском языке "Радио Ватикан" на коротких волнах произошли изменения. Первая передача выходит в эфир в 12 ч 30 мин на частотах 9610 кГц и 11850 кГц. Передача повторяется в 16 ч 20 мин на частотах 9705 кГц и 11815 кГц.

Святая Месса латинского обряда на русском языке из часовни Благовещения в Ватикане передаётся во второе и четвёртое воскресенья каждого месяца в 8 ч 30 мин на частотах 15595 кГц и 17590 кГц (источник — URL: **https://www.vaticannews.va/ru/vatican-city/news/2021-03/izmeneniya-v-setke-nashego-radioveshaniya.html** (23.04.21)).

КИТАЙ. "Международное радио Китая" транслирует программы на русском языке по нижеследующему расписанию:

— с 00.00 до 00.57 — на частотах 9445, 7430, 1521 кГц;

— с 01.00 до 01.57 — на частотах 13600, 5905, 1521 кГц;

— 02.00 до 02.57 — на частотах 17640, 5905 кГц;

— 03.00 до 04.57 — на частотах 17710, 17640, 15435, 5905 кГц;

— 04.00 до 05.57— на частотах 17640, 15665, 15445, 5905 кГц;

— 05.00 до 06.57— на частотах 15665, 15445 кГц;

— 08.00 до 09.57 — на частотах 15665, 15335 кГц;

— 09.00 до 10.57 — на частотах 15665, 15335 кГц;

— 10.00 до 10.57 — на частотах 11935, 9725, 7390, 1323, 1116, 963 кГц;

— 11.00 до 11.57 — на частотах 11935, 9890, 9725, 1521,1323, 1116, 963 кГц;

— 12.00 до 12.57— на частотах 15335, 13600, 13575, 11935, 7230, 6100, 1521, 1323, 963 кГц;

— 13.00 до 13.57 — на частотах 13600, 9675, 7400, 5990, 5915, 1521, 1323, 963 кГц;

— 14.00 до 14.57 — на частотах 11910, 9675, 5905, 1521, 1323 кГц;

— 15.00 до 15.57 — на частотах 13860, 11790, 9880, 5990, 5965, 5915, 5905, 1521, 1323, 963 кГц;

— 16.00 до 16.57 — на частотах 11875, 9730, 9605, 5905, 1521 кГц;

— 17.00 до 17.57 — на частотах 11875, 9605, 9470, 7265, 1521 кГц;

— 18.00 до 18.57 — на частотах 9765, 9560, 7210, 1521 кГц;

— 19.00 до 19.57 — на частотах 9525, 7245, 6110, 1521 кГц;

— 20.00 до 20.57 — на частотах 9525, 7245 кГц;

— 23.00 до 23.57 — на частотах 9445, 7430 кГц

(источник — URL: **http://russian.cri.cn/data/608/20171029/12691.html** (23.04.21)).

ПОЛЬША. С 22 августа 2020 г. специальные информационные передачи на белорусском языке транслируются три раза в день на радиостанции "Польское радио 1" (Jedynka). Эти выпуски, подготовленные белорусской службой "Польского радио", звучат трижды в день. Утром— после 6.30, в журнале "В полдень" — после 12.00 и вечером в программе "Польша и мир" — после 22.00 (указано польское время).

Первую программу Jedynka "Польского радио" можно принимать в Польше и в соседних странах (в том числе и в европейской части России) в диапазоне длинных волн на частоте 225 кГц (источник — URL: **https://www.polskieradio.pl/13/8865** (23.04.21)).

ПРИДНЕСТРОВЬЕ. В летнем вещательном сезоне продолжается круглосуточная трансляция программ российской информационной радиостанции "Вести FM" на средневолновой частоте 1413 кГц с использованием радиопередатчика в Приднестровье мощностью 500 кВт (наблюдения автора рубрики).

США. "Всемирное радио адвентистов" (Adventist World Radio, AWR) с программами на русском языке (они называются "Голос Надежды") в эфире ежедневно с 11.00 до 11.30 на частоте 5905 кГц и с 20.00 до 20.30 — на частоте 7360 кГц. Используется 100-киловаттный передатчик, трансляции ведутся с острова Гуам — самого крупного из группы Марианских островов в Тихом океане (источник — URL: **https://awr.org/program/rustu_awr/** (23.04.21)).

ТУРЦИЯ. "Голос Турции" на русском языке в летнем сезоне работает на частоте 11965 кГц с 13.00 до 14.00 ежедневно (личные наблюдения автора рубрики).

ЧЕХИЯ. В летнем сезоне программы "Радио Свобода" на русском языке транслируются в эфире на частоте 1386 кГц мощностью 75 кВт всего три часа в сутки: с 18.00 до 21.00 (источник — URL: **https://www.svoboda.org/radio/waves/everyday** (23.04.21)).

ЭСТОНИЯ. Радиостанция "Радио Эли", транслирующая религиозные программы на русском языке на частоте 1035 кГц, в эфире по следующему расписанию: 03.00—07.00 и 15.00—22.00. Более подробное тематическое расписание на странице **http://radioeli.ru/?page_id=9**, время вещания может корректироваться в зависимости от финансовой ситуации (личные наблюдения автора рубрики).

ЯПОНИЯ. Международный вещатель NHK World Japan ("Радио Япония") в эфире на русском языке в летнем сезоне:

03.30—04.00 — на частоте 1386 кГц для Европы;

04.30—05.00 — на частоте 6165 кГц для Европы;

05.30—06.00 — на частоте 11790 кГц для Дальнего Востока;

11.00—11.30 — на частоте 7355 кГц для Дальнего Востока;

16.00—16.30 — на частоте 927 кГц для Средней Азии;

17.30—18.00 — на частоте 1386 кГц для Европы.

Хорошего приёма и 73!

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Широкополосная треугольно-петлевая антенна для эфирного телевидения

В. МИЛКИН, В. ЛЕБЕДЕВ, А. ШУЛЬЖЕНКО, В. ЛОГАЧЁВ, г. Мурманск

Антенны — непременные элементы беспроводных технологий, развивающихся более сотни лет, но до сих пор не изобретено универсальной антенны, отвечающей всем требованиям, предъявляемым к таким устройствам, и поэтому непрерывно идут разработки этих, казалось бы, простейших элементов, взаимодействующих со средой путём излучения и приёма электромагнитной энергии. Но не всегда видимая простота мгновенно рождается и адаптируется к также постоянно развивающимся радиосистемам.

Несколько лет тому назад на страницах журнала "Радио" была опубликована статья "Укороченная УКВ-антенна" ("Радио", 2015, № 7, с. 61—63), в которой было предложено техническое решение в виде комбинации петлевого и рамочного вибраторов, обеспечивающих реализацию новой треугольно-петлевой антенны (ТПА) односторонней направленности.

Не без учёта того, что на практике нередко максимальные результаты дают именно компромиссные разработки, какой, например, является класси-

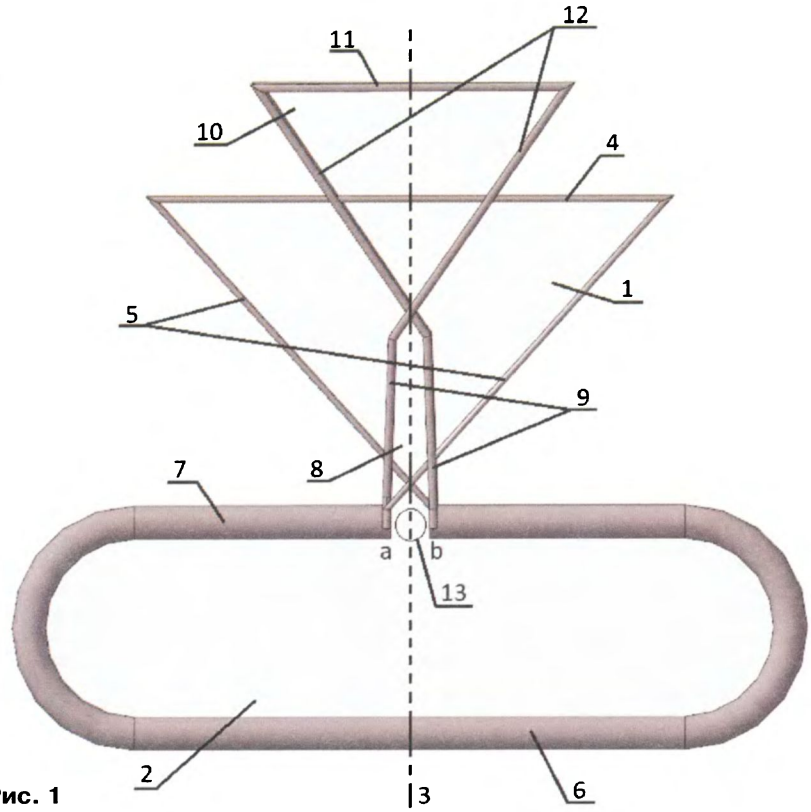


Рис. 1

ческий тип директорных антенн "волновой канал" (антенны Уда-Яги), авторы также ориентировались на нестандартный подход. И если "волновые каналы" не имеют специальных собирательных линий, а представляют собой упорядоченный набор элементов: активного и пассивных вибраторов — рефлектора и одного или нескольких директоров, установленных на одном общем основании, проходящем через точки нулевых потенциалов составных элементов, то компромисс в укороченной УКВ-антенне заключён в параллельном включении двух различных петлевых активных элементов.

Первый петлевой вибратор со стороны направления приёма—передачи выполнен в форме равнобедренного треугольника с точками питания в вершине. Второй петлевой вибратор выполнен в форме шлейф-вибратора Пистолькорса с длиной линейных проводников, соизмеримой с λ (длина волны принимаемого сигнала). Петлевые вибраторы размещены в одной плоскости, а подключение к узлу питания проводников боковых сторон треугольного вибратора произведено с их перекрещиванием, т. е. противофазно. Антенны такой конструкции достаточно компактны и для своих размеров обеспечивают получение относительно большого коэффициента усиления и других приемлемых параметров при сравнительно небольших габаритах,

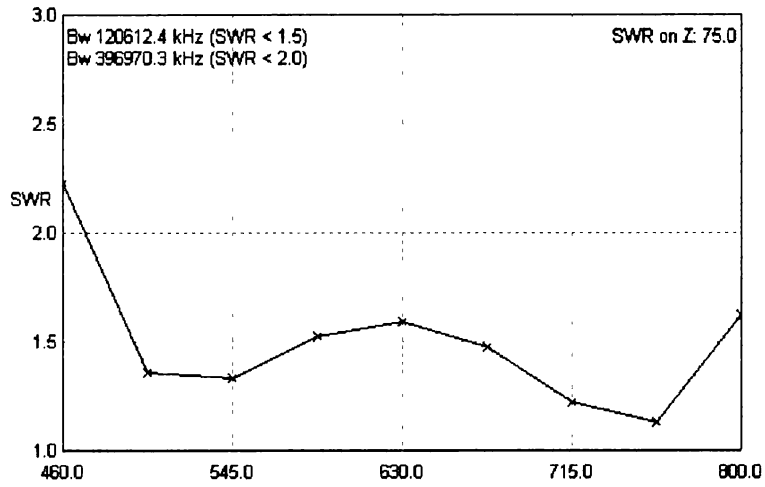


Рис. 2

позволяющих её использовать как приёмную и как передающую.

В упомянутой статье приведён пример использования антенны на радиолюбительских диапазонах 144 и 432 МГц неспроста, так как ввиду того, что антенны являются резонансными радиоэлементами, при параллельном соединении двух электрических петель с равными длинами обеспечивается повышение добротности системы и работа её в более узкой полосе частот при улучшении всех остальных характеристик. Таким образом, преимущественным использованием укороченной УКВ-антенны является её работа в достаточно обособленных системах радиосвязи, в том числе в радиоканалах с усложнённой электромагнитной обстановкой.

Равным образом интересны и широкополосные антенны, которые востребованы при работе радиосистем на разных частотах в широком диапазоне, так и, например, для использования в эфирном телевидении, перекрывающем по диапазону используемых каналов частоты практически всего диапазона дециметровых радиоволн.

С развитием аналогового телевидения, в том числе и цветного, начиная с ввода в эксплуатацию Останкинской телебашни в 1967 г. для уверенного приёма телесигнала, кроме промышленно освоенных, закреплённых ГОСТами, в основном метрового диапазона волновых каналов для систем коллективного пользования и индивидуального телеприёма, появилась мода у частников на самобытно изготовляемые зигзагообразные антенны Харченко. С увеличением телепередач в дециметровом диапазоне и расширением границ для освоения зарубежной продукции, кроме адаптации волновых каналов и зигзагообразных антенн к новому диапазону, пришла мода на западные модели типа "польских сеток", а для "богатых гурманов" и раскрытых под углом строенных волновых каналов. Однако в преддверии перехода на цифровое телевидение и видя, что рынок нацеливается на востребованность антенн дециметрового диапазона, где и будет оно развиваться, уже российские производители начали выпускать всевозможные антенны, среди которых появились отработанные, "вечные" по надёжности, стальные сварные логопериодические антенны, сборные из алюминиевых трубок волновые каналы и множество промежуточных моделей.

Укороченная УКВ-антенна, предназначенная для работы с зауженной полосой рабочих частот, может целенаправленно использоваться для приёма двух мультиплексов телевидения, где они не так далеко отстоят по частотной.

Оказалось, что можно и далее подключать треугольные петли с перекрёстным питанием, но придерживаться правила по соблюдению протяжённости периметра подключаемой петлевой цепи, равного $\lambda_{нч}$ (нч — длина волны сигнала низкочастотной границы полосы пропускания). Таким образом, если пропорционально уменьшить ещё один параллельно подключаемый элемент с частотой настройки на высокочастот-

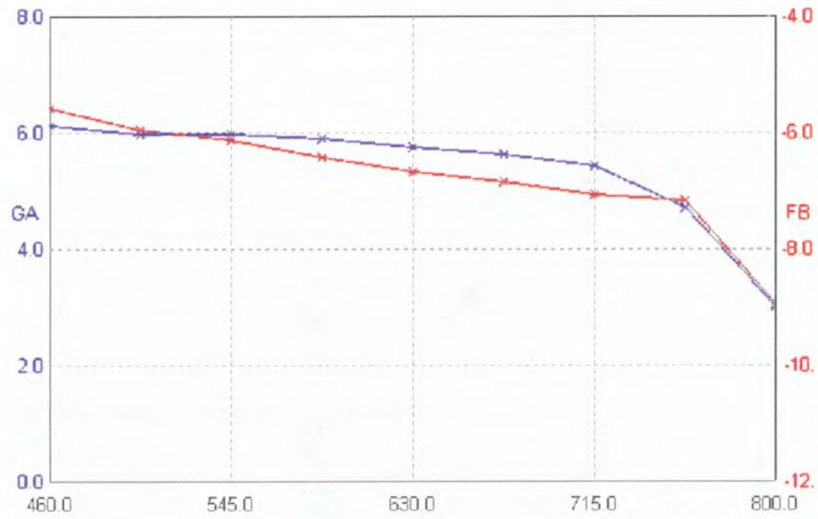


Рис. 3

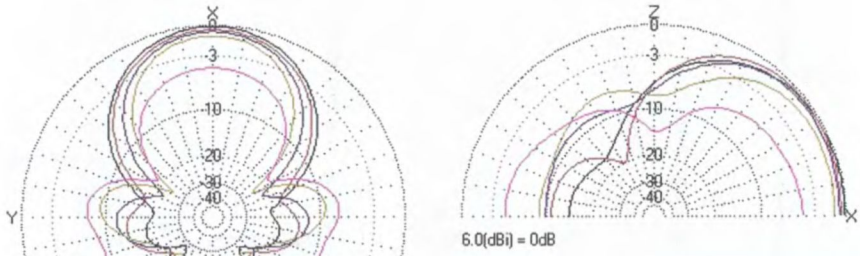


Рис. 4

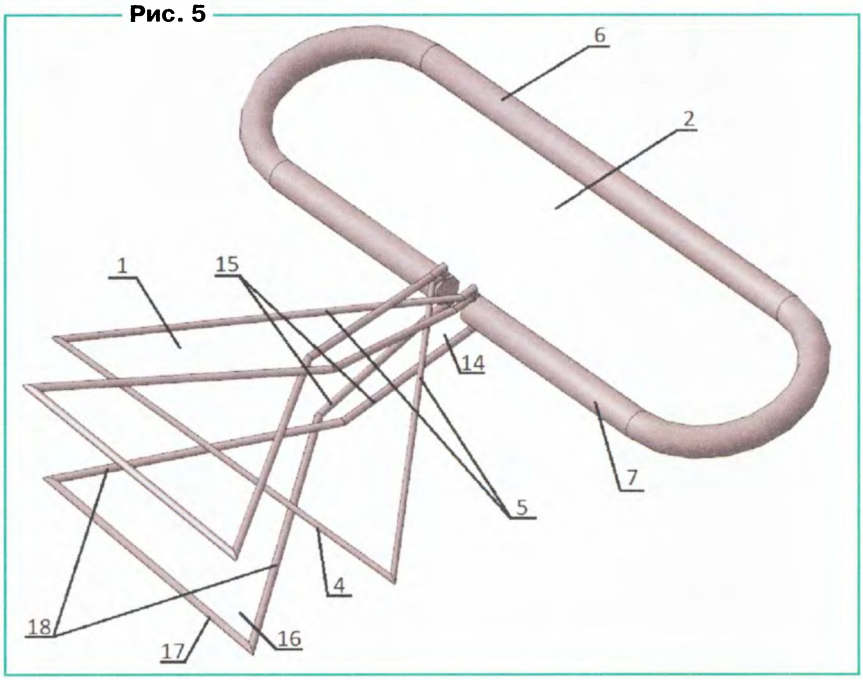
ную часть используемого для телевидения диапазона, то в комбинации с существующими элементами низкочастотной части рабочая полоса частот перекроет весь диапазон полностью. Для этого необходимо ввести соединительную линию питания подключаемого высокочастотного вибратора с $\lambda_{вч}$ (вч — длина волны сигнала высокочастотной границы полосы пропускания) при условии дополнения длинами её проводников протяжённости периметра вводимого элемента в сумме, равной $\lambda_{нч}$. Такая антенна показана на **рис. 1**.

Так же, как и описанная ранее ТПА, предлагаемое техническое решение содержит расположенные симметрично относительно общей оси 3 петлевые вибраторы 1 и 2, установленные перпендикулярно направлению приёма электромагнитных волн. Они соединены между собой и расположены в одной плоскости, первый из них 1 выполнен в форме равнобедренного треугольника с основанием 4 длиной 0,4 нч и боковыми сторонами 5 длиной по 0,3 нч. Другой петлевой вибратор 2 с общей длиной петли $\lambda_{нч}$ — в виде шлейф-вибратора Пистолькорса из двух параллельных линейных проводников 6 и 7. Один из проводников 6 в нём — неразрезной, другой 7 — разрезной в средней части с размещением в ней точек питания a и b, в которых треугольный вибратор 1 и шлейф-вибратор 2 соединены между собой с перекрещиванием боковых сторон 5 равнобедренного треугольного вибратора 1. Отличительным является включение дополнительного петлевого вибратора 10 (подобный вибратору 1) в форме равнобедренного треугольника с основанием 11 и длиной 0,4$\lambda_{вч}$ и боковыми сторонами 12 длиной по 0,3$\lambda_{вч}$. Боковые стороны 12 также перекрещиваются, они подключены в узле питания 13 к точкам a и b через двухпроводную 9 экспоненциальную линию 8. С учётом того, что общая длина проводников 9, 11 и 12 также должна быть равна $\lambda_{нч}$, можно определить длину двухпроводной экспоненциальной линии 8 — ($\lambda_{нч}$ – $\lambda_{вч}$)/2.

Результаты компьютерного моделирования антенны в программе MMANA-GAL представлены на **рис. 2—рис. 4**. Графики на рис. 2 подтверждают параметры широкополосной ТПА с сохранением низкого коэффициента стоячих волн (КСВ). Выравнивание в широком рабочем диапазоне частот коэффициента усиления и коэффициента защитного действия подтверждают графики на рис. 3, а односторонность направленности и изменение форм диаграмм направленностей антенны в диапазоне 460...800 МГц подтверждают графики на рис. 4.

Кроме того, для выравнивания коэффициента усиления, с увеличением его в высокочастотной части диапазона рабочих частот, к точкам питания a и b может быть дополнительно подключена вторая двухпроводная 15 экспоненциальная линия 14, соединяющая расположенный симметрично относительно общей оси петлевой вибратор 16. Он имеет форму равнобедренного треугольника с основанием 17 длиной 0,4$\lambda_{вч}$ и боковыми сторонами 18 длиной по 0,3$\lambda_{вч}$ (подобный вибратору 1) с перекрещиванием боковых сторон 18 равнобедренного треугольного вибратора 16 (**рис. 5**). Причём двухпроводные экспоненциальные линии 8 и 14 и подобные первому 1 треугольные вибраторы 10 и 16, выполненные из проволочных проводников, расположены в одной плоскости 19 и 20 соответственно под углами α и σ к общей оси 3, которые показаны виде **рис. 6** пунктиром, образуя симметричную структуру идентичных вибраторов относительно общей оси 3.

Рис. 5



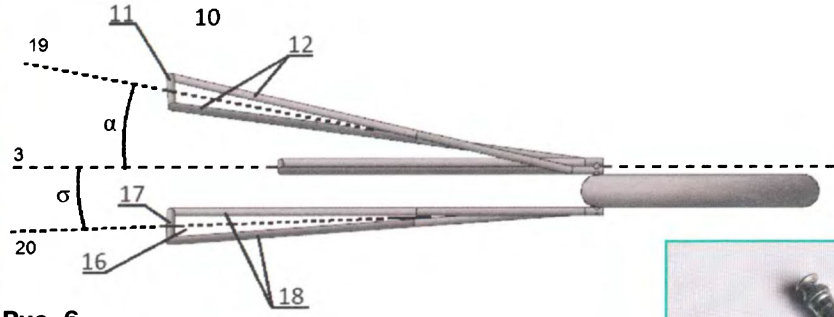


Рис. 6

водника шлейф-вибратора Пистолькорса в трубку с коммутацией центральной жилы к противоположной стороне при выходе в разрезной части в точках питания, а экрана кабеля — к стороне прокладки, с естественной реализацией заземления.

На **рис. 7** представлен опытный образец, в основании которого использована медная трубка диаметром 10 мм, а

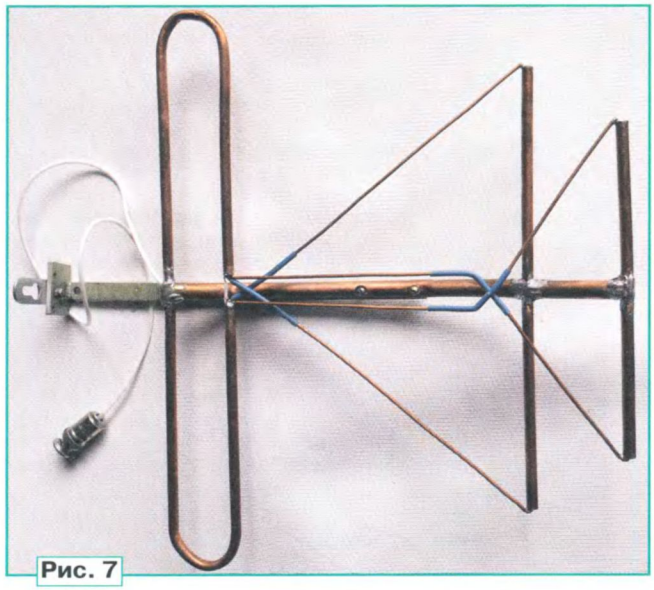


Рис. 7

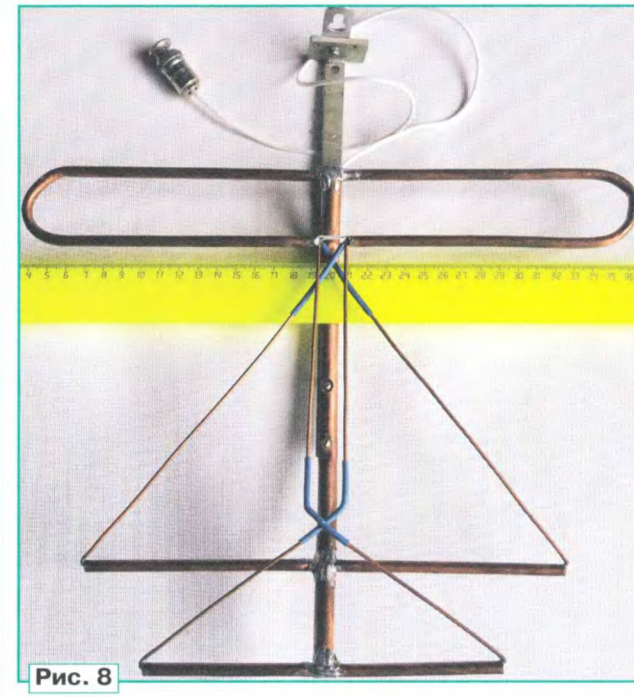


Рис. 8

Надёжность конструкции ТПА может быть подтверждена общим внешним видом по изображениям конструкций на рис. 1, рис. 5 и рис. 6, где на утолщённом из железной трубки шлейф-вибраторе Пистолькорса, например, с помощью точечной сварки, закреплены проволочные треугольно-петлевые вибраторы. Применение железной трубки вместо медной снижает коэффициент усиления антенны примерно на 0,25 дБ. Этим же подтверждается и технологичность изготовления антенны, так как для реализации устройства в оптимальной версии требуются всего три типоразмера заготовок в виде выгнутого трубчатого шлейф-вибратора Пистолькорса, выгнутого проволочного треугольного вибратора и двух выгнутых проволочных треугольных вибраторов с экспоненциальной линией. Подключение коаксиального кабеля питания возможно вводом в точке нулевого потенциала в центре неразрезного провибраторы изготовлены из трубок диаметром 6 мм и проволоки диаметром 2 мм. Дополнительный треугольный вибратор 10, расположенный под углом α к общей оси и равным 10°, подключён параллельно с вибратором 1 к разрезу (15 мм) вибратора Пистолькорса, в котором расположен узел питания 13. При добавлении к конструкции дополнительного треугольного вибратора 16 его подключают аналогичным образом под углом σ, также равным 10°.

Высоковольтный источник питания

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Источник питания (ИП) выполнен по традиционной схеме и содержит трансформатор, выпрямитель, конденсаторы фильтра, регулирующий транзистор и управляющий узел. Выходное напряжение и ток нагрузки (максимальное значение) зависят от применённого трансформатора. Изначально источник питания разрабатывался как лабораторный, поэтому регулирующий транзистор оснащён небольшим теплоотводом, и отвод тепла в основном возложен на вентилятор. В статье рассматривается более простой вариант источника питания с фиксированным выходным напряжением, пригодный для питания различных конструкций, к примеру ламповых усилителей.

Схема ИП показана на **рис. 1**. При его разработке была использована статья **Сухова Н.** Лабораторный блок питания в "Радио", 1980, № 11, с. 46—48. ИП собран по схеме компенсационного стабилизатора напряжения. Управляющий узел стабилизатора выполнен на ОУ DA1 по схеме сумматора. Напряжение с выхода ОУ поступает на усилитель, выполненный на транзисторе VT2. Нагрузка транзистора — излучающий диод оптрона U2 и сигнальный светодиод HL1. Резистор R5 — токоограничивающий. Выходной транзистор этой оптопары изменяет напряжение на затворе регулирующего транзистора VT1 и соответственно выходное напряжение стабилизатора. На оптроне U1 и тринисторе VS1 реализован узел защиты от превышения тока стабилизатора. При превышении установленного значения тока нагрузки открывается тринистор VS1, через излучающий диод оптопары U1 протекает ток, и выходной транзистор оптрона закрывает регулирующий транзистор VT1.

Резисторы R1, R2 образуют датчик тока, светодиод HL2 сигнализирует о срабатывании защиты по току. Нажатие на кнопку SB1 сбрасывает защиту, при

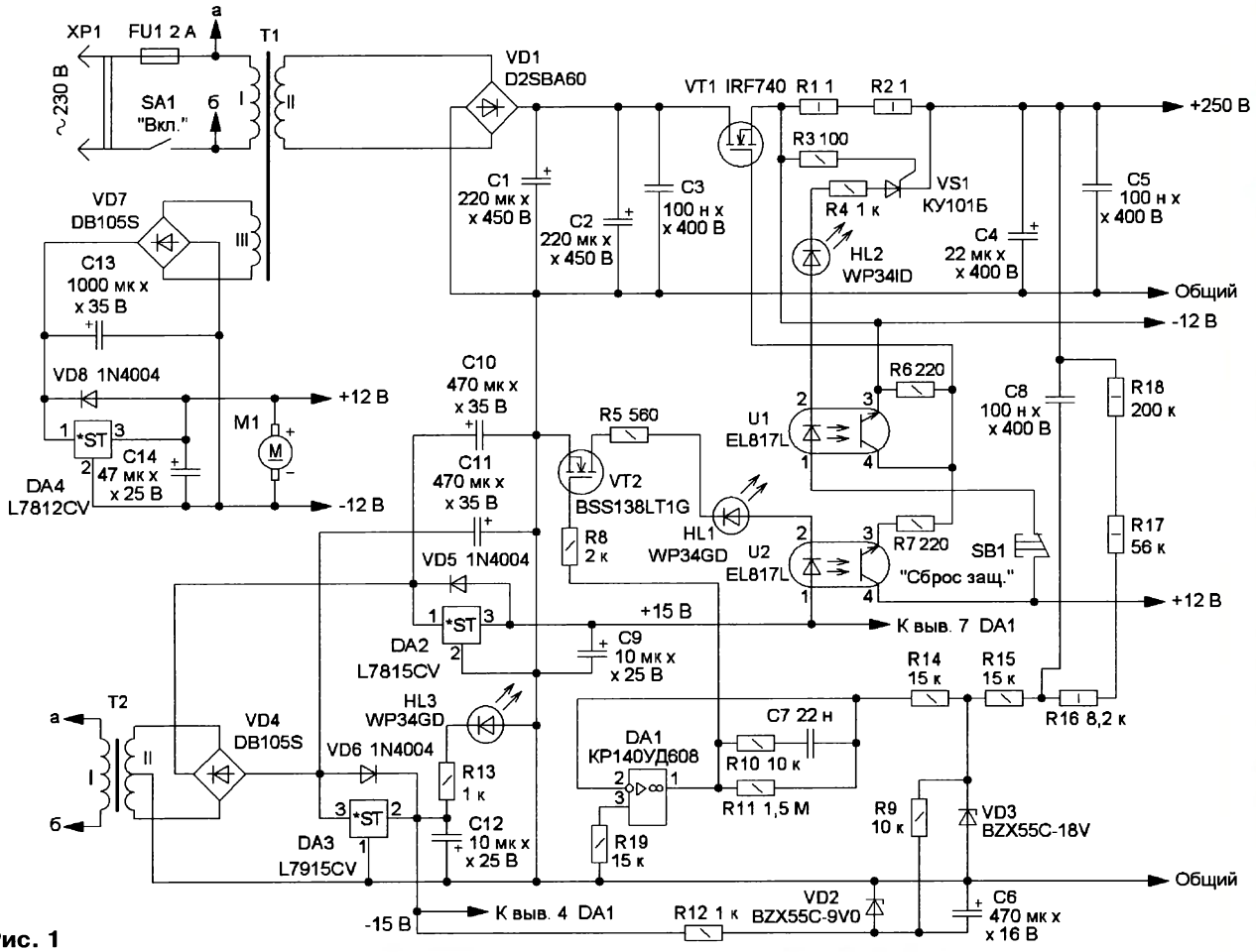


Рис. 1

этом тринистор VS1 закрывается. Опорное (образцовое) напряжение минусовой полярности формируется стабилитроном VD2. При этом ОУ поддерживает нулевое напряжение на стабилитроне VD3, поддерживая тем самым стабильное напряжение на выходе ИП. Сам стабилитрон VD3 защищает вход ОУ от высокого напряжения. Конденсатор C6 обеспечивает плавное нарастание напряжения на выходе стабилизатора при его включении. Резисторы R15—R18 задают выходное напряжение стабилизатора, конденсатор C8 шунтирует резисторы по переменной составляющей, уменьшая пульсации на выходе стабилизатора.

Применены резисторы для навесного монтажа МЛТ, С2-23. Полярные конденсаторы — ECAP (K50-35), неполярные — К73-17. Трансформатор питания — анодно-накальный TorAN мощностью 150 Вт. Для работы основному стабилизатору напряжения требуется вспомогательный источник питания. Двухполярный стабилизатор напряжением ±15 В собран на микросхемах DA2 и DA3 и обеспечивает работу узла управления, питается от отдельного трансформатора T2. Второй однополярный стабилизатор напряжения 12 В собран на микросхеме DA4 и питается от трансформатора T1, используются две накальные обмотки по 6,3 В, соединённые последовательно. Этот стабилизатор используется также для питания вентилятора M1 (12 В, 0,14 А), обдувающего теплоотвод транзистора VT1. Светодиоды HL1, HL3 — зелёного свечения, HL2 — красного. Внешний вид ИП показан на **рис. 2**.

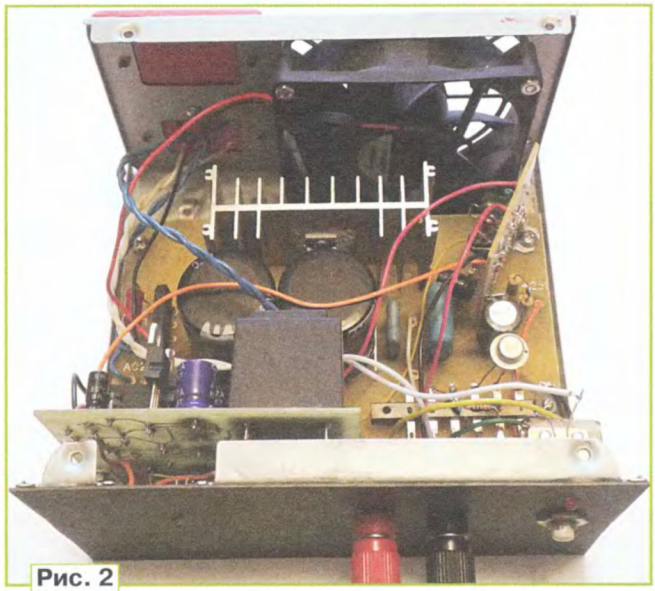


Рис. 2

Испытания этого ИП показали, что он обеспечивает питание нагрузки стабильным напряжением 250 В при токе до 0,43 А. Мощность (отдаваемая в нагрузку) для длительного режима работы — 107,5 Вт. Стабильное напряжение на выходе ИП обеспечивается при превышении входного напряжения над выходным 2...3 В, размах пульсаций на выходе при номинальной нагрузке — не более 50 мВ. Время нарастания выходного напряжения до номинального значения — 0,5 с. Стабильное напряжение на выходе обеспечивается при изменении тока нагрузки от 0 до 0,5 А. Порог срабатывания защиты по превышению тока — около 0,6 А. При проверке собранной конструкции под напряжением настоятельно рекомендую соблюдать правила безопасности. Несмотря на гальваническую развязку от питающей сети, на элементах устройства присутствует высокое напряжение. Включаем ИП в сеть, производим необходимые изме-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

рения, выключаем и обязательно разряжаем конденсаторы фильтра на входе и выходе стабилизатора резистором сопротивлением 1 кОм и мощностью 1—2 Вт. Проверяют наличие напряжения на элементах БП прибором, и только после этого вносят необходимые изменения, например, заменяя резисторы.

Выходное напряжение источника питания устанавливают подборкой резисторов R16—R18, увеличение суммарного сопротивления ведёт к повышению выходного напряжения, и наоборот. Порог срабатывания защиты по превышению тока устанавливается подборкой резисторов датчика тока R1 и R2 и (или) подборкой резистора R3. Увеличение сопротивления резисторов R1, R3 уменьшает порог срабатывания защиты. Увеличение сопротивления резистора R3 поднимает порог срабатывания защиты. В качестве нагрузки источника питания при проверке собранной конструкции удобно использовать сетевые лампы накаливания мощностью 10, 15, 60 и 95 (100) Вт. Напряжение до 250...260 В они выдерживают. При более высоком напряжении на выходе ИП лампы соединяют последовательно—параллельно.

Вышла в свет новая книга

Меркулов А. Г., Шкарин Ю. П., Романов С. Е., Харламов В. А., Назаров Ю. В.

Цифровые каналы высокочастотной связи. — М.: Горячая линия — Телеком, 2019. — 240 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0824-6

Рассмотрены вопросы организации цифровых каналов высокочастотной связи по линиям электропередачи 35...750 кВ. Представлены сведения о технологиях и структуре цифрового оборудования высокочастотной (ВЧ) связи. Обсуждаются особенности работы цифровых высокочастотных (ЦВЧ) каналов с учётом различных особенностей ВЧ трактов и динамического изменения их параметров. Приведены данные и рекомендации по проектированию цифровых каналов и сетей ВЧ-связи. Издание подготовлено при информационной поддержке Российского Национального Комитета СИГРЭ (РНК СИГРЭ).

Для научных работников и специалистов проектных и эксплуатирующих организаций, занимающихся практическими вопросами организации и эксплуатации сетей связи с применением ЦВЧ-каналов. Книга будет полезна преподавателям, аспирантам и студентам вузов связи и электроэнергетики.

WWW.TECHBOOK.RU
Справки по тел.: (495) 737-39-27

Коррекция параметров электродинамических головок

Л. КОСТЫРКО, г. Чернигов, Украина

Преобразование электрического сигнала в звук электродинамической головкой громкоговорителя (ГГ) происходит благодаря перемещению катушки с током в магнитном поле постоянного магнита с последующим преобразованием механических колебаний в колебания окружающего воздуха с помощью диффузора [1, с. 7, 8]. Подвижная система преобразователя содержит звуковую катушку, диффузор, подвес, центрирующую шайбу. На катушку с током в магнитном поле действует сила, пропорциональная току, в результате чего катушка смещается на определённое расстояние от положения устойчивого равновесия.

Центрирующая шайба вместе с подвесом действуют как механизм, который пытается вернуть катушку в положение устойчивого равновесия после смещения её под действием тока [2].

Колебания составляющих подвижной системы — нелинейные. Нелинейными являются и электромеханические преобразования колебаний катушки в магнитном поле. В каждой конкретной конструкции ГГ подбирают параметры так, чтобы минимизировать амплитуды вторых и третьих гармоник и линеаризовать характер изменения амплитуд первых гармоник [1, с. 126].

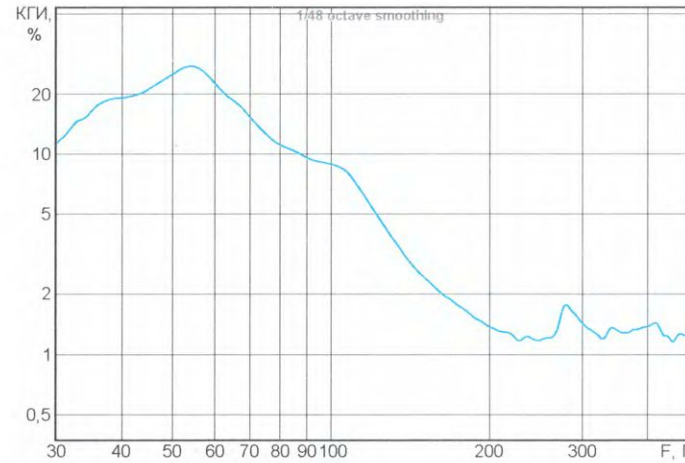


Рис. 1

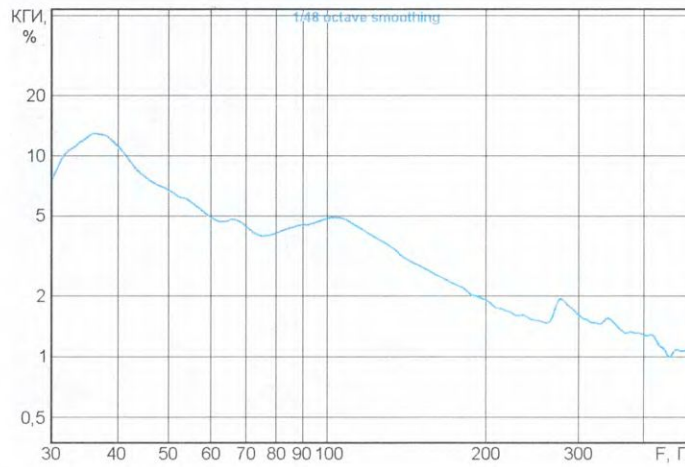


Рис. 2

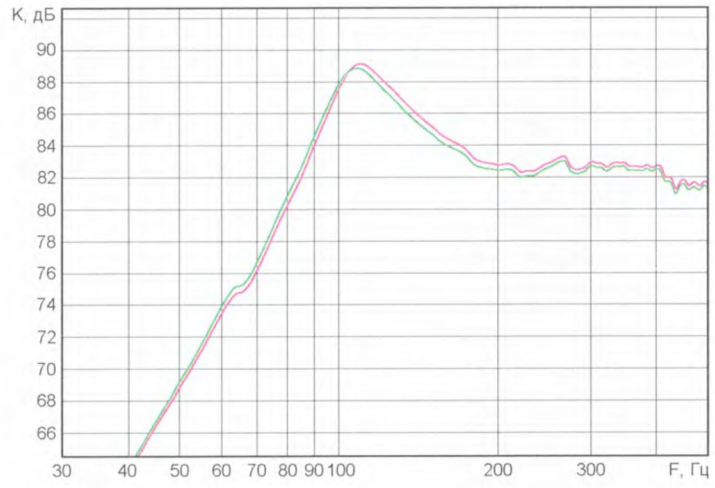


Рис. 3

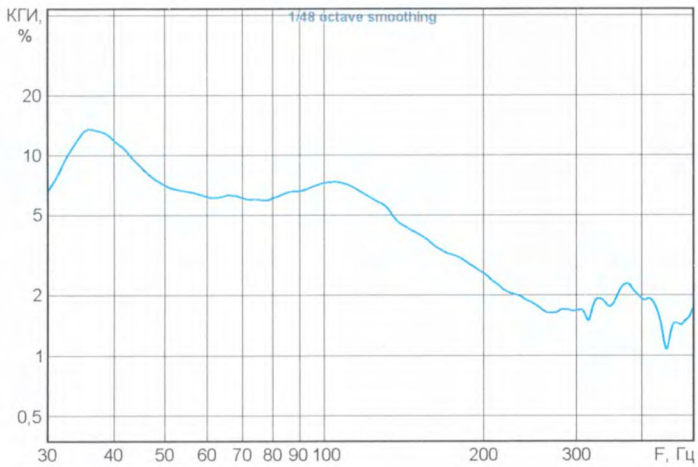


Рис. 4

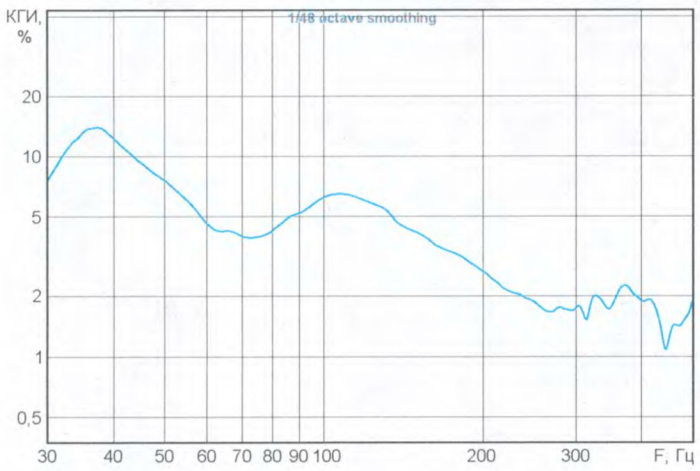


Рис. 5

Одна из причин брака при сборке подвижной системы ГГ — слишком глубокая или, наоборот, слишком мелкая посадка катушки, что снижает уровень звукового давления и увеличивает нелинейные искажения [1, с. 222]. Далеко не всегда положение устойчивого равновесия катушки соответствует расчётам, и качество преобразования не достигает возможного уровня.

В большинстве преобразователей катушку двигают лишь против возвращающих сил центрирующей шайбы и подвеса и не контролируют положение катушки или не пытаются точно её расположить. Некоторые конструкции преобразователей имеют такую возможность (как правило, это сервомеханизмы); они в основном используются только в низкочастотных громкоговорителях, особенно в сабвуферах, из-за сильно увеличенных отклонений диффузоров, необходимых на тех частотах, на которых размер диффузора значительно меньше длины волны некоторых воспроизводимых звуков (ниже 100 Гц или около того) [2].

Некоторые активные сабвуферы используют сервомеханизм обратной связи, который модифицирует сигнал, поступающий к катушке [3]. Сигнал обратной связи получают, сравнивая входной сигнал до усилителя с сигналом от фактического движения диффузора. Обычно в качестве источника сигнала обратной связи используют несколько витков катушки, прикреплённой к диффузору.

Смещение центрирующей шайбы от оптимального положения устойчивого равновесия ("провисание") может приводить к дополнительным искажениям. Это требует соответствующей корректировки при сборке подвижной системы, например, некоторого сдвига плоскости приклейки подвеса [4]. Однако эти меры не гарантируют достижения желаемого положения устойчивого равновесия. Кроме того, со временем свойства элементов преобразователя могут измениться, например, центрирующая шайба снова "провиснет". И повторная корректировка положения устойчивого равновесия вне рамок производства, в условиях обычной эксплуатации, встречает определённые трудности.

Между тем корректировать положение устойчивого равновесия звуковой катушки в магнитном зазоре возможно без вмешательства в конструкцию ГГ. Для этого во время работы ГГ достаточно подать в катушку постоянный ток определённого значения и направления.

Возможности этого способа демонстрирует пример уменьшения коэффициента гармонических искажений (КГИ) громкоговорителей стереопары в области частоты основного резонанса. Корректировалась величина КГИ для ГГ 3ГД-45 в акустическом оформлении "закрытый ящик". Частотная зависимость КГИ одной из ГГ до коррекции приведена на **рис. 1**. Как оказалось, уровень искажений существенно снижается при подаче в звуковую катушку вместе с тестовым сигналом постоянного тока –0,25 А. Знак "–" означает, что полярность тока противоположна полярности, обозначенной у контактов ГГ, — под действием этого тока звуковая катушка втягивается в магнитный зазор. В результате такой коррекции положения катушки в зазоре частотная зависимость КГИ приобрела вид, приведённый на **рис. 2**. Из сравнения изображений на рис. 1 и рис. 2 видно, что уровень гармоник существенно снизился. Так, максимальное значение КГИ снизилось

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

с 27,2 % (на частоте 54 Гц) до 12,8 % (на частоте 36 Гц). Нижняя граница КГИ по уровню 5 % уменьшилась со 121 Гц до 59 Гц. На частоте 60 Гц КГИ уменьшился с 22,4 % до 4,92 %, т. е. в 4,55 раза. При этом мощность, рассеиваемая в ГГ, возросла всего на 0,25 Вт, что на порядок ниже его номинальной мощности.

С изменением положения устойчивого равновесия катушки изменяется не только уровень искажений, но и характер АЧХ. На **рис. 3** представлены АЧХ ГГ без подачи постоянного тока в звуковую катушку (красная кривая) и при подаче в катушку постоянного тока –0,25 А (зелёная кривая). В этом случае, как видно на рис. 3, АЧХ изменилась незначительно: немного снизилась частота основного резонанса и немного снизилось звуковое давление на частотах выше частоты основного резонанса.

У другой ГГ рассматриваемой стереопары искажения до коррекции оказались значительно меньше (**рис. 4**). И снизить уровень КГИ удалось сравнительно немного при подаче в звуковую катушку тока –0,06 А (**рис. 5**).

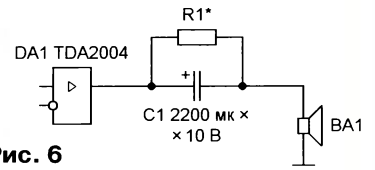


Рис. 6

В результате проведённой коррекции кривые КГИ обеих ГГ заметно сблизились, что характерно для ГГ одного типа при оптимальном расположении звуковых катушек в магнитном зазоре.

Схема установки для проведения измерений приведена на **рис. 6**. Постоянный ток в звуковую катушку громкоговорителя BA1 подавался посредством резистора R1*, включённого параллельно разделительному конденсатору C1 на выходе усилителя, собранного на микросхеме DA1 (TDA2004). Все акустические измерения проводились в ближнем поле [5].

В рассматриваемом способе коррекции параметров электродинамических ГГ используется дополнительный источник постоянного тока, настраиваемый под конкретную ГГ, что удобнее всего реализовать в активных акустических системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алдошина И. А.** Электродинамические громкоговорители. — М: Радио и связь, 1989.

2. Electrodynamic speaker driver. — URL: **https://en.wikipedia.org/wiki/Electrodynamic_speaker_driver** (24.04.21).

3. Subwoofer. — URL: **https://en.wikipedia.org/wiki/Subwoofer** (24.04.21).

4. **Алдошина И.** Статья "Громкоговорители, часть 3.2". — URL: **http://www.moinf.info/articles/loudspeakers-3-2** (24.04.21).

5. **Keele D. B.**, jr. Low-Frequency Loudspeaker Assessment by Nearfield Sound-Pressure Measurement. — URL: **https://www.pearl-hifi.com/06_Lit_Archive/14_Books_Tech_Papers/Keele_D_B/LF_Near-field_Measurement.pdf** (24.04.21).

Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С33С

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Вниманию читателей предлагается описание однотактного лампового УМЗЧ, работающего в режиме класса А, собранного на мощных триодах 6С33С. Основным назначением этих ламп является использование в качестве регулирующего элемента в электронных стабилизаторах. Однако за годы "ренессанса" ламповой техники, как и для многих других "незвуковых" ламп, накопился опыт их непрофильного применения в УМЗЧ с достижением вполне удовлетворительных результатов. Большая рассеиваемая мощность анода и малое внутреннее сопротивление делают применение ламп 6С33С в выходных каскадах достаточно привлекательным, вплоть до УМЗЧ с бестрансформаторным выходом. Условным недостатком можно считать большой ток накала, но в современных реалиях повального увлечения Hi-End общие показатели потребляемой мощности и КПД усилителя устойчиво отошли на третий план. Второе место после собственно качества звучания, пожалуй, следует отдать эстетическим показателям и эргономике. И как раз оригинальная конструкция этой лампы часто оказывается весомым аргументом в пользу её применения в УМЗЧ.

Однако эта лампа имеет и более значительный недостаток, который ограничивает выбор схемного решения и рабочей точки. Это — склонность к лавинному саморазогреву при фиксированном, а иногда и при автоматическом смещении с большими анодными токами и сопротивлением утечки, что обусловлено большой тепловой инерционностью лампы. Для решения этой проблемы используются схемы со следящим смещением или последовательным автосмещением. Несколько наиболее распространённых схемных решений УМЗЧ на лампах 6С33С приведены в [1]. В основном это варианты схемы с автосмещением. Но шестая схема в этой статье — интересный вариант схемы Ульянова [2] с повышающим межкаскадным трансформатором и выходным трансформатором в цепи катода, а последняя схема — со следящим смещением, которое фактически реализует местную ООС по постоянному напряжению с помощью транзисторного дифференциального каскада. Последовательное автосмещение [3] отличается от обычного способом включения резистора смещения по отношению к фильтрующему конденсатору блока питания (БП). Существенный недостаток такого решения — требование наличия отдельных анодных обмоток и выпрямителей для каждого канала.

Особенностью лампы 6С33С также является монотонное уплотнение анодно-сеточных ВАХ при увеличении напряжения анода. Вследствие этого наблюдается выраженная асимметрия полу-

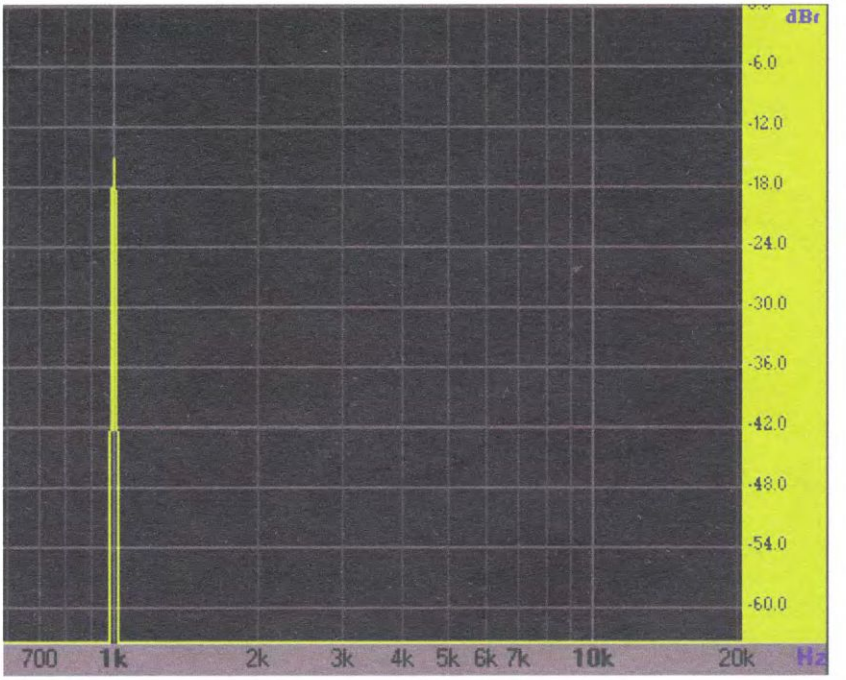


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

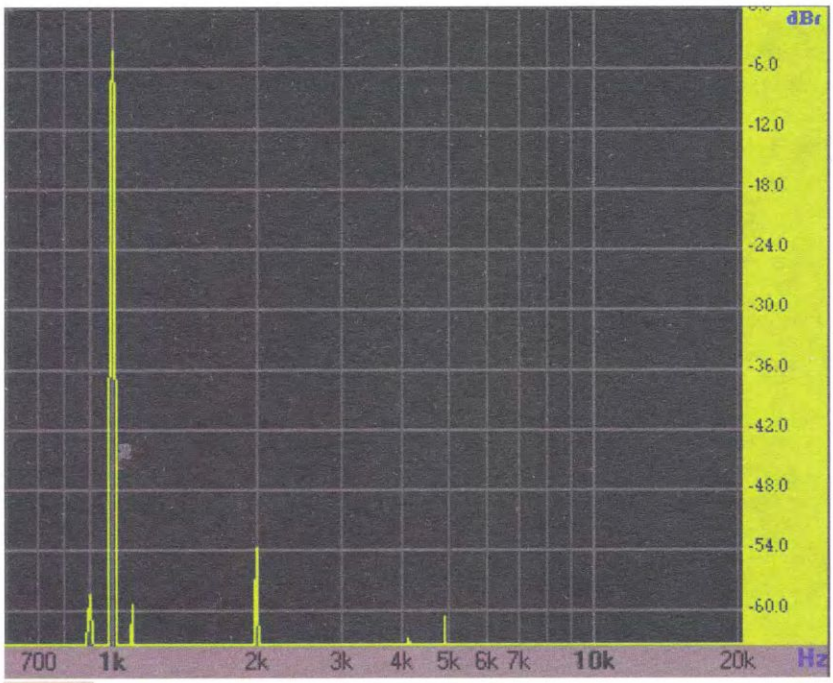


Рис. 2

волн выходного напряжения при большой мощности рассеивания и практически любых значениях сопротивления нагрузки. Это довольно характерно для многих "незвуковых" ламп. Поэтому на этапе проектирования следует определиться, чего мы хотим добиться от лампы: максимальной мощности или минимальных нелинейных искажений. От этого зависит выбор рабочей точки. Для решения второй задачи следует использовать правый участок семейства ВАХ с высокими значениями напряжений анод—катод и смещения. В этом УМЗЧ выбран именно такой режим. Распространённым явлением среди многих аудиофилов, даже радиолюбителей со стажем, является стремление "выжать" из лампы максимально возможную мощность, в том числе с переходом в экстремальные области, где действительно может наблюдаться некоторое повышение линейности ВАХ. При этом часто приводится аргумент, который на самом деле аргументом не является, — зачем тогда использовать такую лампу? Не стоит забывать о том, что лампа используется не по прямому назначению, и даже в рекомендованных режимах выходная мощность остаётся

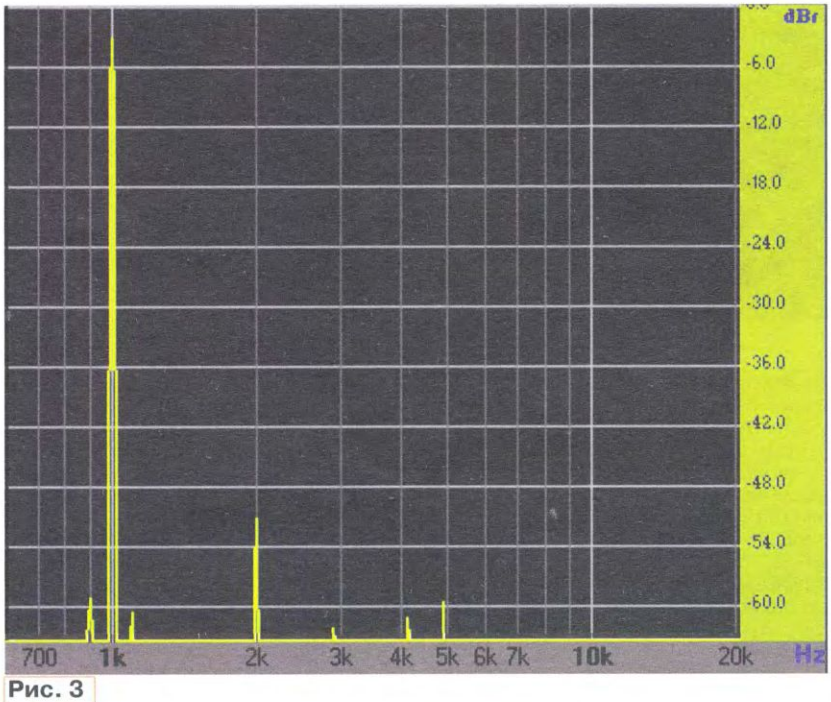


Рис. 3

вполне достойной. Кроме того, следует учитывать, что лампы в современных реалиях вообще являются достаточно дорогим "удовольствием" и обладают ограниченным ресурсом даже без проведения экспериментов над ними.

В этом УМЗЧ для жёсткой стабилизации тока анода и формирования напряжения смещения используется генератор тока в катодной цепи. При этом также обеспечивается простота изменения положения рабочей точки аналогично схеме с фиксированным смещением. В целом, особенностями предлагаемого УМЗЧ являются:

— однотактный выходной каскад в режиме класса А (SE);

— простота и доступность для повторения;

— короткий звуковой тракт (всего два каскада усиления — драйвер и оконечный каскад);

— бестрансформаторное питание от сети переменного тока 230 В;

— ограничение потребляемого тока в момент подачи напряжения питания;

— плавное увеличение анодного напряжения при включении УМЗЧ;

— применение типовых трансформаторов ТН-46 в качестве звуковых для номинального сопротивления нагрузки 4 Ом;

— отсутствие местных и общей ООС по напряжению;

— использование генератора тока в цепи катода лампы выходного каскада;

— использование динамической нагрузки в драйвере;

— "горячая" механическая коммутация для оперативного выбора типа лампы драйвера.

Рассмотрим эти особенности более подробно. В целом, автор последовательно придерживается концепции популяризации ламповой звукотехники, отхода от принципа её "элитной" принадлежности и ряда шаблонов, неустанно генерируемых псевдо-аудиофилами. Эти шаблоны способствуют созданию ореола недосягаемости, полумистической завесы, что отталкивает даже подготовленных радиолюбителей. В нашем конкретном случае выбор режима работы лампы в правой, более линейной области ВАХ предоставляет возможность отказаться от трансформатора анодного питания, позволяет улучшить массогабаритные показатели устройства и уменьшить материальные и временные затраты на его изготовление. Применение типовых трансформаторов в качестве выходных, конечно, отрицательно сказывается на полосе воспроизводимых частот. Однако правильный подбор их типа позволяет минимизировать потери, а повсеместное распространение цифровых источников звука с интегрированными эквалайзерами — полностью компенсировать их. Вообще, именно вопрос с поиском, приобретением и, особенно, изготовлением трансформаторов обычно является решающим не в пользу ламповых УМЗЧ.

При бестрансформаторном питании существует необходимость в ограничении тока зарядки конденсаторов выпрямителя. Для этого служит мощный резистор, последовательно включённый в

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

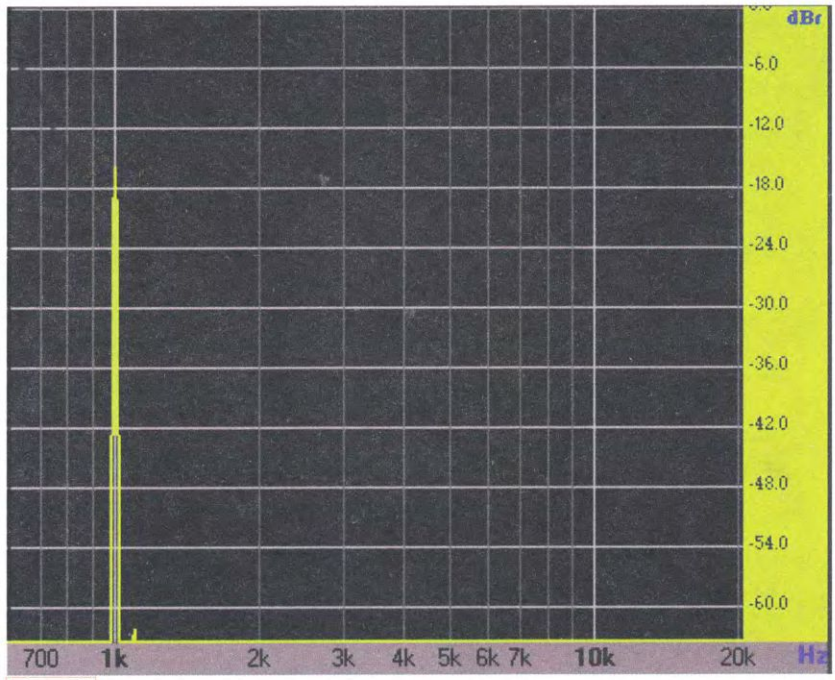


Рис. 4

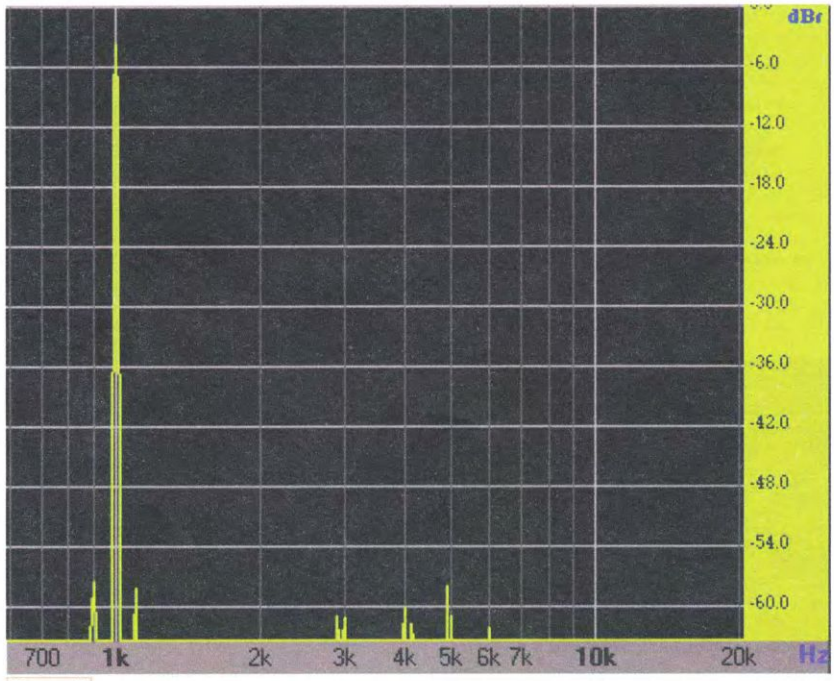


Рис. 5

цепь питания и коммутируемый контактами реле устройства контроля напряжения. Благодаря этому также происходит плавное нарастание анодного напряжения.

Включение динамической нагрузки в анодную цепь драйвера обеспечивает максимальные коэффициент усиления, линейность характеристик и эффективное согласование с выходным каскадом, благодаря чему расширяется выбор типа лампы для драйвера, вплоть до знаменитой 6П9С.

Опция "горячей" коммутации для выбора лампы драйвера будет полезна для слушателей, считающих, что различные типы ламп "звучат" в соответствующих только им музыкальных стилях. Автор использует эту опцию для переключения с тетродов 6Э5П, обеспечивающих объективно наилучшие показатели в триодном режиме, на сдвоенный триод 6Н2П, 6Н3П, 6Н23П или подобный с банальной целью экономии ресурса менее доступного тетрода. Подробно вопрос выбора ламп для каскада предусиления (драйвера) будет рассмотрен далее.

Многие разработчики ламповых усилителей, даже действительно высококачественных, почему-то упорно избегают указания объективных электрических параметров своих "детищ", а зачастую и не считают их необходимыми, заменяя их на субъективные, такие как прозрачность, глубина, детализация и т. д. Впечатляет также сравнительно новый и, видимо, весомый аргумент — стена звука. Можно упомянуть также рассыпчатые ВЧ, пухлые НЧ, выпуклые СЧ и даже два вида теплоты. Конечно, на заре времён, практически одновременно с возникновением аудиотехники возникла и аксиома, что хорошие электрические параметры ещё не являются гарантией хорошего звучания усилителя. С этим никто не спорит, но "аудиофилы" делают из этого неожиданный вывод — измерение объективных показателей вовсе необязательно. Между тем, учитывая тот факт (кстати, любимый "аудиофилами"), что ламповый усилитель является больше инструментом, звеном дополнительной обработки или "шлифовки" звука, указание его основных объективных параметров позволяет провести сравнительный анализ и на его основании сделать вывод о целесообразности повторения или доработки определённой конструкции, а также предварительно оценить возможность использования с имеющимися в распоряжении радиолюбителя других звеньев звукового тракта — источников звука, корректоров и, конечно, акустических систем (АС).

Основные электрические характеристики УМЗЧ

Номинальная выходная мощность на частоте 1 кГц, Вт 5
Номинальное сопротивление нагрузки, Ом 4
Коэффициент нелинейных искажений (КНИ) при номинальной выходной мощности на частоте 1 кГц, %, не более 8
Полоса воспроизводимых звуковых частот при номинальной выходной мощности по уровню:
–6 дБ ..... 40 Гц...8 кГц
–12 дБ ..... 24 Гц...16 кГц
Выходное сопротивление, Ом 0,8
Входное сопротивление, кОм 100
Номинальное входное напряжение, В 1
Уровень шума (фона) в рабочем диапазоне частот (невзвешенный), дБ, не более ..... –63

Выходная мощность и КНИ являются типичными для 6С33С в выбранном режиме. Реальную выходную мощность УМЗЧ класса А (как лампового в схеме с ОК, так и транзисторного с ОЭ) при удовлетворительном КНИ и отсутствии ООС в первом приближении можно оценить на уровне 15...25 % от рассеиваемой мощности в режиме покоя в зависимости от сопротивления нагрузки (известно, что теоретический максимальный КПД — 50 %). В этом УМЗЧ значение этой мощности составляет

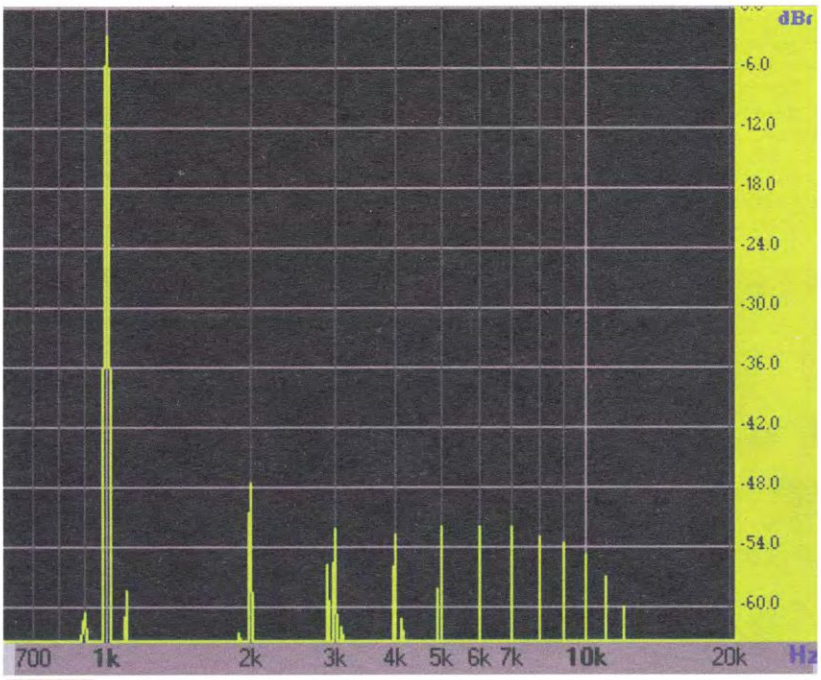


Рис. 6

около 30 Вт при максимально допустимой мощности на аноде 60 Вт. Заявляемые значения выходной мощности, значительно отличающиеся от оценочной, при заданных условиях и, тем более, превышающих теоретическую, могут свидетельствовать о выходе за пределы рекомендованных режимов, некорректных проведении измерений или трактовке их результатов. Исключение составляет усилитель по схеме Ульянова из-за включения нагрузки в цепь катода и, следовательно, наличия местной ООС.

Некоторое сужение полосы воспроизводимых частот обусловлено применением типовых трансформаторов ТН-46 в качестве выходных звуковых, и также является типичным. Как было отмечено, это может быть просто скомпенсировано с помощью внешнего эквалайзера. Автор не является сторонником введения общей ООС без необходимости.

Рассмотрим теперь вопрос выбора ламп для драйверного каскада. Критерии оценки их пригодности следующие:

— триод или триодное включение тетрода/пентода с динамической нагрузкой в цепи анода;

— минимальный КНИ при выходном напряжении не менее 35 В (размах ±50 В) и напряжении питания +270 В;

— коэффициент усиления — не менее 35.

Первый критерий можно считать спорным или личным предпочтением автора, но он не противоречит, а скорее, соответствует принципам построения УМЗЧ категории Hi-End. Указанный размах выходного напряжения обеспечивает требуемую номинальную мощность на выходе УМЗЧ. Величина напряжения питания каскада обусловлена бестрансформаторным питанием усилителя и падением напряжения на элементах гальванической развязки по питанию.

На соответствие перечисленным критериям были проверены лампы нескольких типов. Измерения проводились на ПК с использованием программного обеспечения Visual Analyser [4]. Список ламп в порядке убывания степени пригодности: тетрод 6Э5П, триод 6Н9С (6Н2П), пентод 6Ж9П, триоды 6Н23П и 6Н3П. Измерения проводились с автосмещением в режиме, соответствующем минимальному значению КНИ для каждой конкретной лампы. Тетрод 6Э5П в триодном включении оказывается вне конкуренции, демонстрирует великолепные параметры и большую перегрузочную способность. За ним ожидаемо следует 6Н9С с высоким коэффициентом усиления.

Лампа **6Э5П** — при U_a = 150 В, I_a= 10 мА, R = 300 Ом, U_c = –3 В — K_u = 40 (здесь и далее U_a — напряжение на аноде; I_a — ток анода, $R_к$ — сопротивление в цепи катода; U_c — напряжение на сетке относительно катода; K_u — коэффициент усиления по напряжению). Получился КНИ = 0,2 % при $U_{вых}$ = 10 В (**рис. 1**); КНИ = 0,35 % при $U_{вых}$ = 35 В (**рис. 2**); КНИ = 0,4 % при $U_{вых}$ = 40 В (**рис. 3**). Причём третья и пятая гармоники появляются в спектре при $U_{вых}$ = 30 В и КНИ = 0,3 %.

Лампа **6Н9С (6Н2П)** — при U_a = 160 В, I_a = 1,5 мА, $R_к$ = 680 Ом, U_c = –1 В. КНИ = 0,2 % при $U_{вых}$ = 10 В (**рис. 4**); КНИ = 0,33 % при $U_{вых}$ = 35 В (**рис. 5**); КНИ = 1 % при $U_{вых}$ = 40 В с ограничением (**рис. 6**); K_u = 100.

(Продолжение следует)

Многофункциональный измеритель RLC

А. ДЫМОВ, г. Оренбург

Этот прибор предназначен для измерения основных параметров линейных компонентов, к которым относятся резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, дроссели и другие намоточные изделия. Результат измерения отображается на двухстрочном LCD-дисплее. Измеряемые компоненты могут быть как выводные, так и для поверхностного монтажа (SMD). Кроме основных параметров, сопротивлений, ёмкостей и индуктивностей, измеритель позволяет определять несколько дополнительных параметров, такие как потери в конденсаторах, добротность катушек и некоторые другие Общий вид измерителя показан на **рис. 1**.

Прибор имеет широкий диапазон измерений для всех типов линейных компонентов. Диапазон измерения сопротивлений — от единиц ом до 15 МОм, ёмкостей — от единиц пикофарад до 15 мФ и индуктивностей — от единиц микрогенри до 99 Гн, при условии, что активное сопротивление измеряемой катушки индуктивности не превышает 1500 Ом. Чтобы охватить весь диапазон ёмкостей конденсаторов, используются два режима измерения, до 1 мкФ и более 1 мкФ.

Принцип измерения параметров элементов основан на использовании генераторов и измерении периода генерируемых сигналов, который изменяется в зависимости от параметров измеряемого элемента. Однако сильным дестабилизирующим фактором является температура, кроме того, оказывают влияние некоторые параметры элементов самих генераторов. Поэтому приходится использовать ряд программных ухищрений для снижения воздействия этих факторов на процесс измерения. Для получения минимальной погрешности измерения используется некоторое число пунктов меню для калибровки образцовых элементов.

В качестве управляющего устройства процессом измерения используется готовая плата модуля Arduino Mega 2560 (**рис. 2**). Выбор модуля обусловлен удобством применения готового узла управления, который легко адаптируется с платой измерителя с помощью разъёмов. Использование этого модуля

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

не обязывает к использованию специального программного обеспечения для этих типов плат, поэтому без проблем была использована привычная для меня среда программирования Microchip Studio (бывшая Atmel Studio).

Для выбора типа измерения, калибровки эталонных параметров и выбора дополнительных параметров для отображения на дисплее используется кнопочное управление. Выводные измеряемые элементы подключаются к зажимному устройству на передней панели прибора, которое представляет собой DIP-панель с нулевым усилием. Эта панель удобна тем, что позволяет надёжно подключать для измерения элементы с любым шагом выводов. Для измерения SMD-элементов к DIP-панели подключается разъём, который кабелем соединён с измерительным пинцетом.

Рис. 1

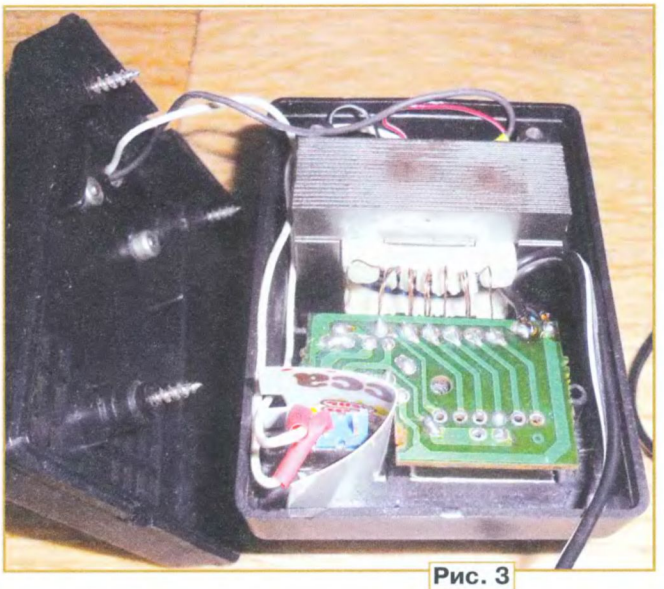


Рис. 3

Для электропитания измерителя был выбран выносной источник постоянного напряжения на основе сетевого AC/DC адаптера, который был дополнен сетевым выключателем (**рис. 3**), что позволяет оставлять адаптер постоянно подключённым к сетевой розетке. Источник электропитания соединяется с измерителем кабелем с угловым разъёмным соединителем.

Схема измерителя (**рис. 4**) условно разделена на шесть основных узлов. Это входной коммутатор, RC-измеритель, LC-измеритель, ESR-измеритель, устройство управления и подключаемые устройства (**рис. 5**). Входной коммутатор выполнен на малогабаритных и экономичных герконовых реле, которые подключают DIP-панель XS1 к соответствующему генератору текущего вида измерения. Устройство управления осуществляет коммутацию реле с помощью транзисторов VT1—VT8 через резисторы R3—R10. Диодные сборки VD1—VD4 защищают транзисторы от выбросов напряжений при отключении реле.

Контакты 1 и 40 DIP-панели XS1 используются как сигнальные для устройства управления о подключённом щупе для измерения SMD-компонентов и не могут использоваться для измерений. Фильтры R1C1 и R2C2 используются для снижения помех при измерении дифференциальных напряжений устройством управления в некоторых режимах измерения.

RC-измеритель выполнен на двух независимых генераторах, собранных на микросхеме LM2901 (DA1), которая содержит четыре компаратора в одном корпусе. Выбор генераторов на основе компаратора обусловлен низким напряжением электропитания, надёжностью запуска генерации, лёгкостью адаптации с устройством управления, а также доступностью элементной базы.

Генератор для измерения сопротивлений выполнен на компараторах DA1.2, DA1.4, где DA1.2 — собственно генератор с переключением порогового уровня гистерезиса резисторами R17, R18,

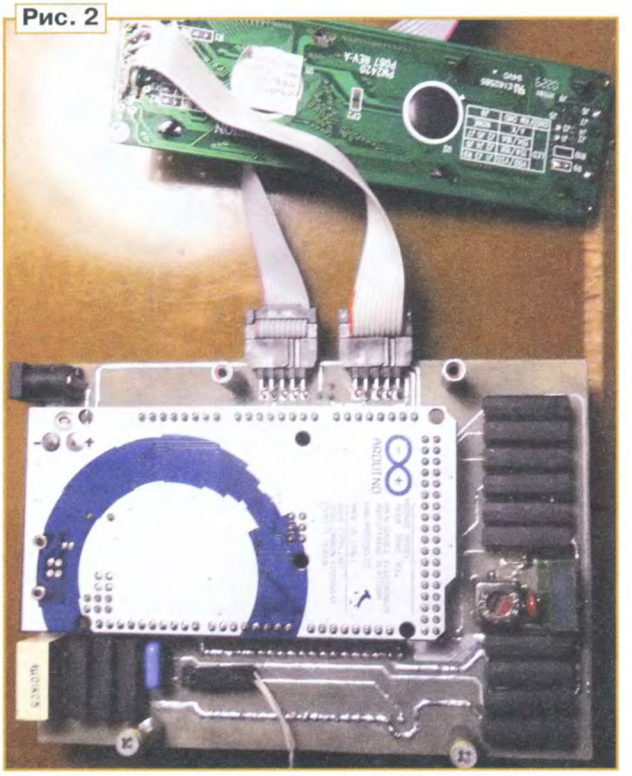


Рис. 2

DA1.4 выполняет функцию буфера. Резисторы R11 и R12 создают обратную связь для обеспечения генерации. Измеряемый резистор подключается контактами реле K1, K6 входного коммутатора параллельно резистору R11. При этом отключается транзисторный ключ VT1 и размыкаются контакты реле K5, отключая DIP-панель от общего провода. В паузах между измерением сопротивления производится измерение для коррекции нуля. Для этого устройство управления включает транзисторный ключ VT5, и контактами реле K4 замыкаются гнёзда DIP-панели. Затем производится измерение периода при нулевом сопротивлении, которое используется для коррекции результата измерения сопротивления. Резисторы R11, R12, R24 и конденсатор C4 являются образцовыми, определяющими частоту генерации, и значения их параметров используются в расчётах измеряемого сопротивления.

Генератор для измерения ёмкости конденсаторов 1 мкФ и более выполнен на компараторах DA1.1, DA1.3 и транзисторном ключе VT9. Работа компараторов аналогична измерителю сопротивлений, переключение уровней гистерезиса осуществляется с помощью резисторов R15, R16, а положительная обратная связь осуществляется через резис-

торы R14, R22. Измеряемый конденсатор подключается контактами реле K7 входного коммутатора параллельно конденсатору C3. Зарядка конденсаторов осуществляется напряжением 5 В через резисторы R14, R22, разрядка — через резистор R14 и транзисторный ключ VT9. Резисторы R14, R22 и конденсатор C3 являются образцовыми, и их параметры используются в расчётах ёмкости измеряемого конденсатора.

Для защиты входа компаратора от остаточного напряжения измеряемого конденсатора используются резистор R13 и диодная сборка VD5. Для подключения выходов генераторов с измерительным счётным входом устройства управления используются коммутаторы DD1.1 и DD1.2. Выбор нужного генератора осуществляется устройством управления при соответствующем выборе типа измерения.

В LC-измерителе используется один общий генератор на компараторах DA2.1 и DA2.2. Здесь используется более высокая частота, сигнал имеет синусоидальную форму на LC-контуре, который образован катушкой индуктивности L1, образцовым конденсатором C7 и измеряемым конденсатором, который подключается контактами реле K10 входного коммутатора параллельно катушке индуктивности L1. При измерении ёмкости транзисторные ключи VT10, VT11 открыты напряжением с устройства управления, а контакты реле K12, K13 замкнуты.

Смещение уровня напряжения, образованного резисторами R26, R27 на неинвертирующем входе компаратора, осуществляется резистором положительной обратной связи R28. Это напряжение смещения через разделительный конденсатор C10 воздействует на LC-контур, вызывая в нём свободные колебания. Эти колебания, в свою очередь, опять же через конденсатор C10 воздействуют на вход компаратора, который переключается, вызывая незатухающие колебания в LC-контуре. Цепь R29C13 автоматически поддерживает среднее напряжение на инвертирующем входе компаратора относительно напряжения на неинвертирующем входе. Конденсатор C12 корректирует ФЧХ цепи обратной связи на высоких частотах.

Для измерения потерь в конденсаторах используется математическая зависимость ёмкости от частоты согласно приведённому выражению

$$C_R = \frac{C}{1 + (2 \times \pi \times F \times R_P \times C)^2},$$

где C — ёмкость конденсатора без учёта потерь; C_R — ёмкость конденсатора с учётом потерь; R_P — сопротивление потерь.

После измерения ёмкости на основной частоте устройство управления отключает транзисторный ключ VT11, контакты реле K13 размыкаются, и частота генерации значительно увеличивается. Измеряется ёмкость конденсатора на этой повышенной частоте, которая, как правило, будет меньше частоты для конденсатора без потерь. Используя вышеприведённое выражение и упростив его, получим общий коэффициент потерь:

$$K_P = \sqrt{\frac{C}{C_R} - 1}.$$

Почему K_P является общим коэффициентом потерь? Потому что в него входят потери всех участвующих в процессе измерения компонентов, причём эти потери имеют нелинейный характер. Чтобы выделить из общих потерь нужные потери измеряемого конденсатора, пришлось провести измерение потерь с возможно широким охватом диапазона ёмкостей с использованиме последовательно подключённого к измеряемым конденсаторам резистора сопротивлением 1 Ом. В результате была получена таблица зависимостей, из которой выведены поправочные коэффициенты и сохранены в памяти программ как константы.

Должен признать, что я не гарантирую полную достоверность измерения потерь данным способом при повторении этой конструкции, ибо проверить это не представлялось для меня возможным, однако этот способ вполне подходит для оценки потерь. Например, можно выбрать из однотипных конденсаторов с одинаковой ёмкостью конденсатор с минимальными потерями или оценить потери разнотипных конденсаторов с одинаковой ёмкостью. Метод проверки достоверности измерения потерь будет освещён в дальнейшем в разделе отладки измерителя.

При измерении индуктивности с устройства управления закрывается транзистор VT10 и размыкаются контакты реле K12. Измеряемая катушка индуктивности подключается контактами реле K11 входного коммутатора последовательно с катушкой индуктивности L1. При неподключённой измеряемой катушки генерации не будет, и чтобы обнаружить подключённую катушку для измерения, входной коммутатор контактами реле K2, K8 подключает к DIP-панели дифференциальный вход измерения напряжения и контактами реле K9 подключает измерительный постоянный ток около 3 мА. Если катушка индуктивности не будет подключена, результатом измерения напряжения будет переполнение АЦП.

При подключении катушки индуктивности падение напряжения на ней будет определяться её активным сопротивлением, которое будет измерено для дальнейшего определения добротности. Входным коммутатором отключаются измерительный ток и измеритель напряжения и подключается измеряемая индуктивность к катушке L1. Генератор запускается, и производится измерение периода его колебаний, на основе которого определяется значение измеряемой индуктивности. Используя измеренные значения частоты и индуктивности, определяется её реактивное сопротивление, а соответственно и добротность. Напряжение с частотой генерации через буферный компаратор DA2.2 поступает на коммутаторы DD1.3, DD1.4, которые подключают выход генератора к измерительному счётному входу устройства управления.

Для измерения ESR конденсаторов ёмкостью от 1 мкФ и выше используется метод зарядки конденсатора стабильным током и измерения интервалов времени зарядки до двух уровней напряжения. Значение ESR определяется следующим выражением:

$$ESR = \frac{U_1 \times (t_2 - 2 \times t_1)}{I \times (t_2 - t_1)},$$

где I —ток зарядки конденсатора; U_1 — напряжение первого уровня (1,25 В); U_2 — напряжение второго уровня (2,5 В, не используется в расчётах); t_1 — время зарядки конденсатора до напряжения первого уровня; t_2 — время зарядки конденсатора до напряжения второго уровня.

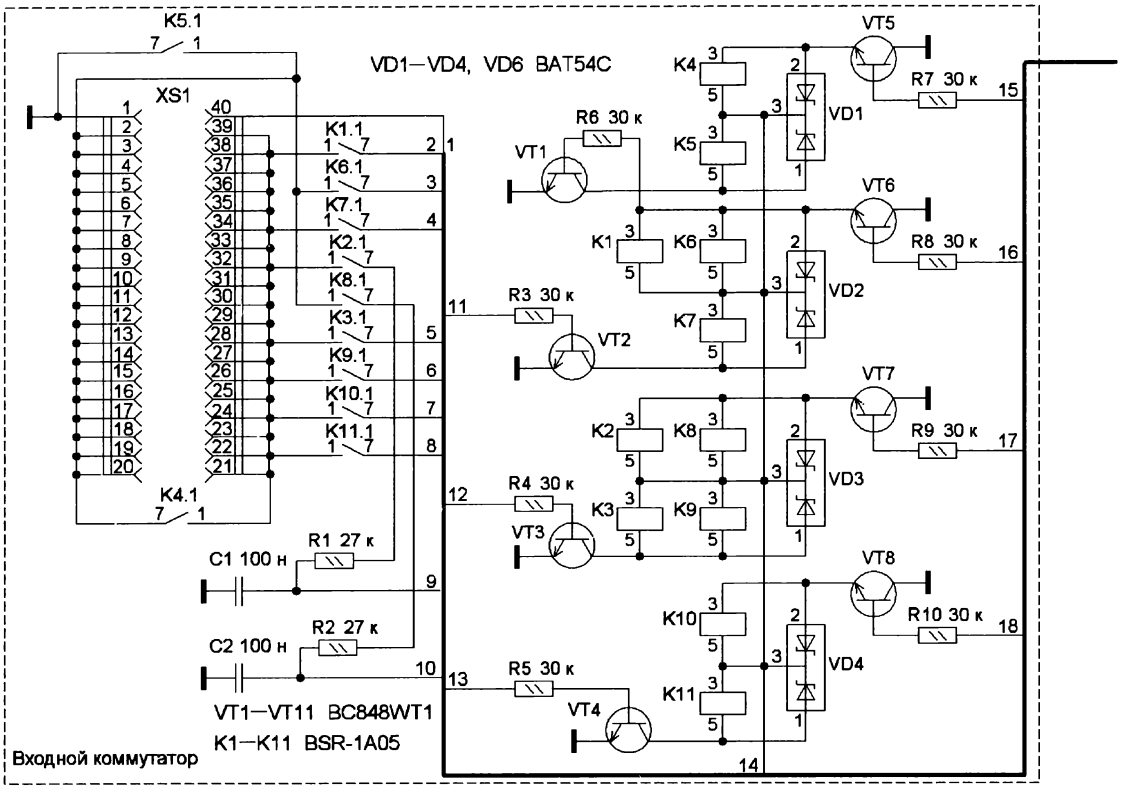
Для формирования двух уровней напряжения используются параллельный стабилизатор напряжения на микросхеме DA3 и делитель напряжения R37R38R39. Ток через стабилизатор напряжения DA3 задан балластным резистором R34 от напряжения 5 В, формируя на стабилизаторе напряжение около 2,5 В. В точке соединения резисторов R37 и R39 формируется напряжение 1,25 В, в точке соединения резисторов R38, R39 — напряжение 1 В, которое используется как контрольное при калибровке источника опорного напряжения устройства управления. Конденсаторы C16, C17 — помехоподавляющие.

Напряжение первого и второго уровней поступает на неинвертирующие входы компараторов DA2.3, DA2.4, на их инвертирующие входы через контакты реле K3 входного коммутатора и помехоподавляющую цепь R44C19 подаётся напряжение от измеряемого конденсатора, заряжаемого стабильным током. Выходы компараторов связаны с устройством управления, формируя прерывания для обработки результатов измерения времени при достижении напряжения на конденсаторе заданных уровней напряжения. Резистор R45 привязывает инвертирующие входы компараторов к общему проводу в других режимах измерения, и существенного влияния на результаты измерения ESR он не оказывает.

Для корректных результатов измерения ESR важно полностью разрядить измеряемый конденсатор до нуля. Для этого используются транзисторные ключи VT12 и VT14, которые составляют первичную и вторичную разрядку. Первичная разрядка осуществляется с помощью транзистора VT12 через резистор R52 для снижения напряжений на измеряемом конденсаторе до безопасных значений разрядного тока, затем включается вторичная разрядка транзистором VT14, а транзистор VT12 закрывается. Процесс измерения запускается с момента закрывания транзистора VT14.

Для зарядки измеряемого конденсатора стабильным током используется стабилизатор тока на ОУ DA4.1 и транзисторе VT13. Для охвата всего диапазона измеряемых ёмкостей конденсаторов используются три значения стабильного тока: около 3 мА — для ёмкостей до 10 мкФ, около 10 мА — для

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



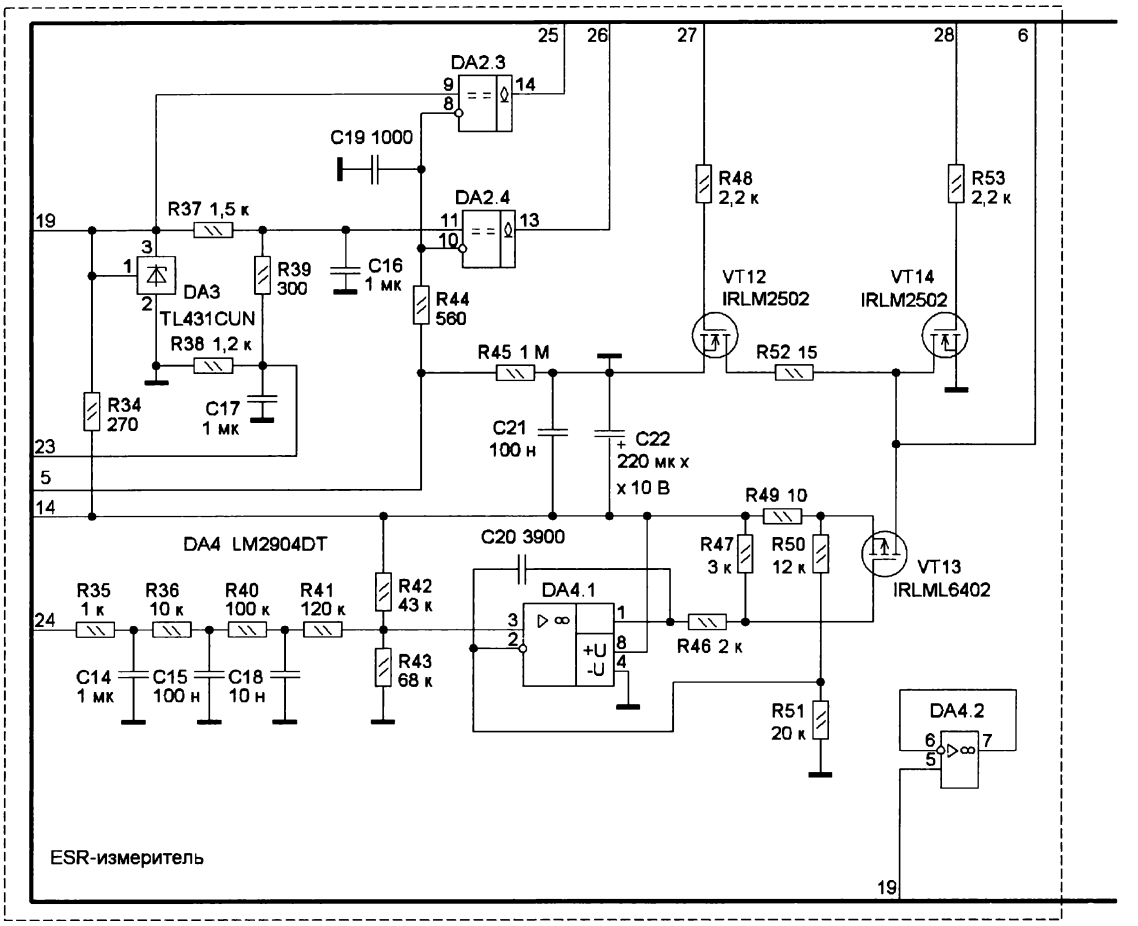
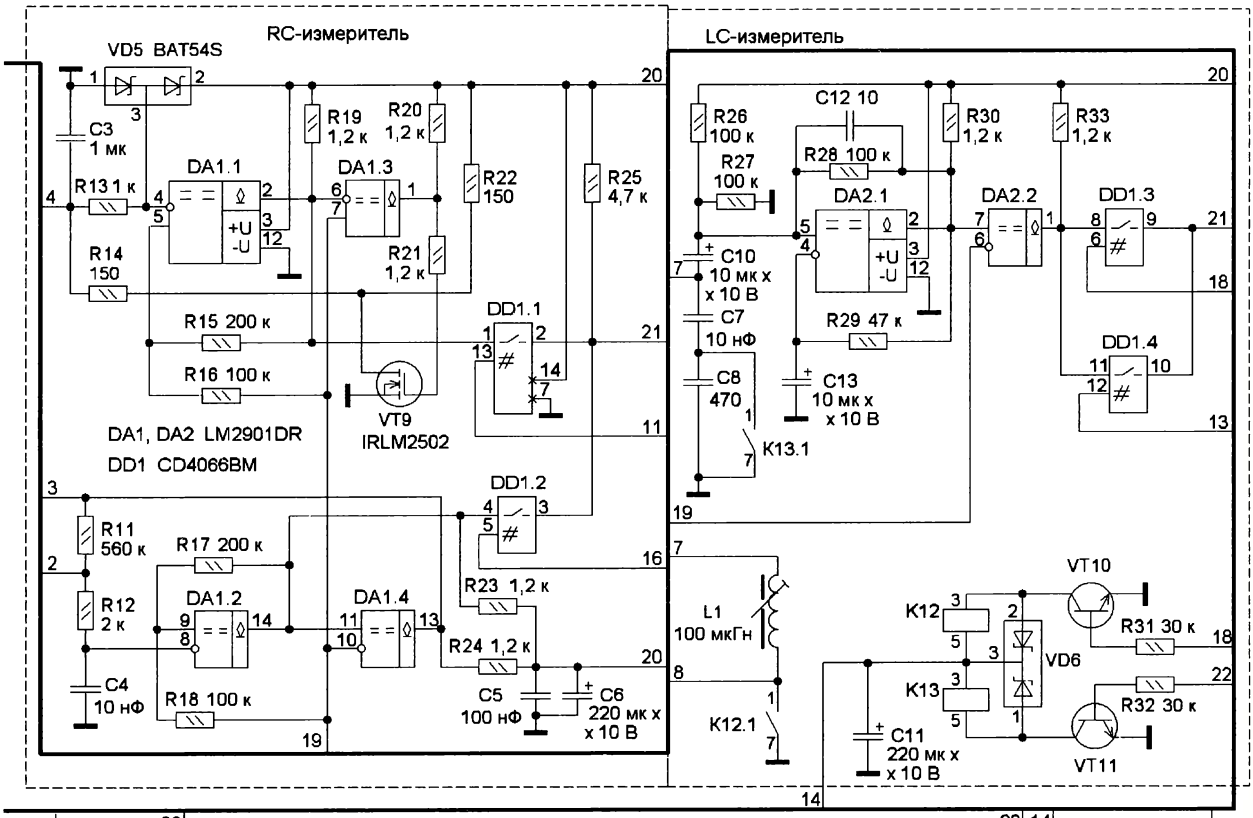
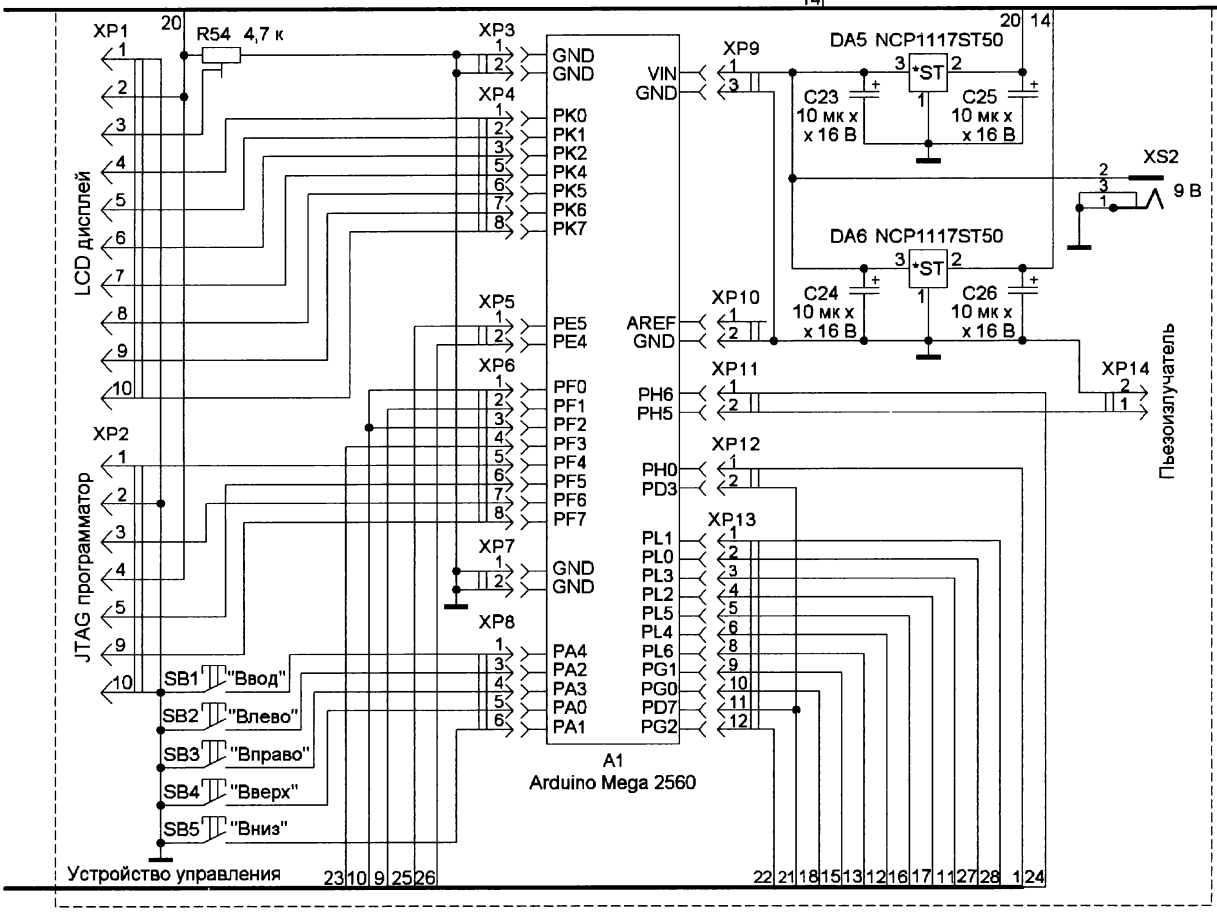


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru


RC-измеритель
VD5 BAT54S
C3 1 мк
R13 1 к
R14 150
R15 200 к
R16 100 к
R19 1,2 к
R20 1,2 к
R21 1,2 к
R22 150
R25 4,7 к
DA1.1
DA1.3
DA1, DA2 LM2901DR
DD1 CD4066BM
VT9 IRLM2502
DD1.1
DD1.2
R11 560 к
R12 2 к
R17 200 к
R18 100 к
R23 1,2 к
R24 1,2 к
C4 10 нФ
C5 100 нФ
C6 220 мк х х 10 В
DA1.2
DA1.4
LC-измеритель
R26 100 к
R27 100 к
C12 10
R28 100 к
R30 1,2 к
R33 1,2 к
DA2.1
DA2.2
DD1.3
DD1.4
C10 10 мк х х 10 В
C7 10 нФ
C8 470
C13 10 мк х х 10 В
R29 47 к
K13.1
L1 100 мкГн
K12.1
K12
K13
VD6
VT10
VT11
R31 30 к
R32 30 к
C11 220 мк х х 10 В


XP1
R54 4,7 к
LCD дисплей
XP2
JTAG программатор
XP3
XP4
XP5
XP6
XP7
XP8
GND
PK0
PK1
PK2
PK4
PK5
PK6
PK7
PE5
PE4
PF0
PF1
PF2
PF3
PF4
PF5
PF6
PF7
PA4
PA2
PA3
PA0
PA1
SB1 "Ввод"
SB2 "Влево"
SB3 "Вправо"
SB4 "Вверх"
SB5 "Вниз"
Устройство управления
A1
Arduino Mega 2560
XP9
XP10
XP11
XP12
XP13
VIN
AREF
PH6
PH5
PH0
PD3
PL1
PL0
PL3
PL2
PL5
PL4
PL6
PG1
PG0
PD7
PG2
DA5 NCP1117ST50
DA6 NCP1117ST50
C23 10 мк х х 16 В
C25 10 мк х х 16 В
C24 10 мк х х 16 В
C26 10 мк х х 16 В
XS2
9 В
XP14
Пьезоизлучатель

ёмкостей от 10 до 100 мкФ и около 50 мА — для ёмкостей от 100 мкФ и выше.

Выбор значения тока осуществляется устройством управления с помощью ШИМ частотой около 10 кГц, постоянная составляющая которого выделяется фильтром R35C14R36C15R40C18. Это напряжение через резистор R41 поступает на неинвертирующий вход ОУ DA4.1. С его выхода напряжение через делитель R46R47 управляет транзистором VT13. Падение напряжения на токоизмерительном резисторе R49 через делитель R50R51 поступает на инвертирующий вход ОУ, образуя обратную связь. Конденсатор C20 обеспечивает устойчивость стабилизатора тока. Стабильный ток со стока транзистора VT13 через контакты реле K9 поступает на DIP-панель для зарядки измеряемого конденсатора.

В устройство управления входят модуль Arduino A1, кнопки управления SB1—SB5, стабилизаторы напряжения и все разъёмные соединения. Несколько разъёмов используются для внешних подключений. Разъём XP1 используется для подключения LCD-дисплея, где для сокращения числа соединений применяется четырёхпроводная шина данных. Резистор R54 предназначен для регулировки контрастности дисплея. Разъём XP2 предназначен для использования JTAG-интерфейса, через который осуществлялась отладка программы и программирование измерителя. К разъёму XP14 подключается пьезоизлучатель звука, на разъём XS2 подаётся внешнее

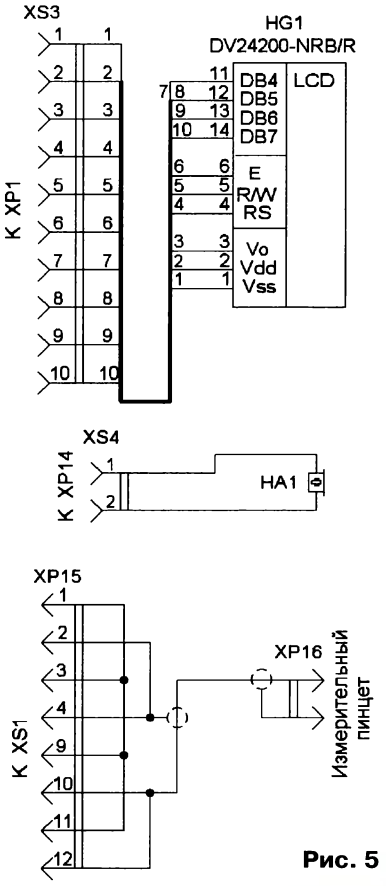


Рис. 5

напряжение электропитания 9 В. Все остальные разъёмы предназначены для соединения с модулем Arduino.

Для раздельного электропитания применены два стабилизатора напряжения по 5 В. Стабилизатор на микросхеме DA5 предназначен для электропитания генераторов и LED-дисплея, стабилизатор на микросхеме DA6 предназначен для электропитания всех остальных компонентов измерителя. Внешние подключаемые устройства — LED-дисплей и пьезоизлучатель — снабжены разъёмами с коротким кабелем для подключения к плате измерителя. К сожалению, применённый в измерителе дисплей не имеет подсветки, и судя по даташиту, не все дисплеи могут её иметь. Попытка использовать для подсветки яркий светодиод оказалась малоэффективной.

Тенденцией последних лет стала возможность заказа на изготовление печатных плат у сторонних производителей. Конечно, эта возможность вполне оправдана для изготовления партии печатных плат. Для изготовления единичных экземпляров такая возможность вряд ли оправдана, поэтому для себя давно выбрал технологию ЛУТ со специальной термотрансферной бумагой, аптечную перекись водорода с лимонной кислотой и солью для травления плат. Для единичных изделий это самая быстрая и экономически приемлемая домашняя технология.

(Продолжение следует)

Осциллографическая приставка к VGA-монитору

В. ПОПОВ, г. Ростов-на-Дону

Любой радиолюбитель знает, что такое осциллограф, и хотел бы его иметь в своей домашней лаборатории. Однако стоимость промышленных приборов далеко не всегда позволяет его приобрести для домашнего использования. В журнале "Радио" публиковались схемы осциллографических приставок к телевизору, однако предлагаемые варианты весьма далеки от практического использования. Начинающие радиолюбители, покрывая потребность в хоть каком-то осциллографе, используют недорогие наборы или готовые конструкции, например, DSO-138 или DSO-150, собранные на микроконтроллере (МК) STM32F103. Но экран диагональю 2,4" и очень посредственные характеристики этих изделий не сильно вдохновляют.

Как-то на просторах Интернета я встретил интересное техническое решение вывода на экран изображения [1] также на основе МК STM32F103, и тогда возникла мысль, а что, если это решение "скрестить" с осциллографом? Развитием этой идеи явилась описываемая ниже приставка к монитору или телевизору с VGA-входом, которую можно использовать как в повседневной радиолюбительской практике, так и в качестве демонстрационного осциллографа в учебных заведениях, подключая её к проектору и выводя изображение на большой экран для всей аудитории. Ещё один вариант применения — совместное использование с приставкой к осциллографу для измерения АЧХ, например, как в [2].

Но МК STM32F103 имеет очень ограниченный объём оперативной памяти и не самый быстрый АЦП, необходимый для осциллографа, вследствие чего было принято решение использовать более продвинутый МК STM32F411CE, такой, как на отладочной плате Black Pill V2.0 (**рис. 1**). Ко всему прочему, он не требует для своего программирования специальных программаторов.

Для осциллографической приставки был выбран режим VGA 640×480 с частотой кадров 60 Гц, что соответствует частоте следования видеоданных 25 МГц. Для вывода изображения на экран использовано удвоение пиксела по горизонтали и вертикали, что соответствует 320×240 точкам графического изображения. Рабочее поле для вывода осциллограмм — 300×200 точек.

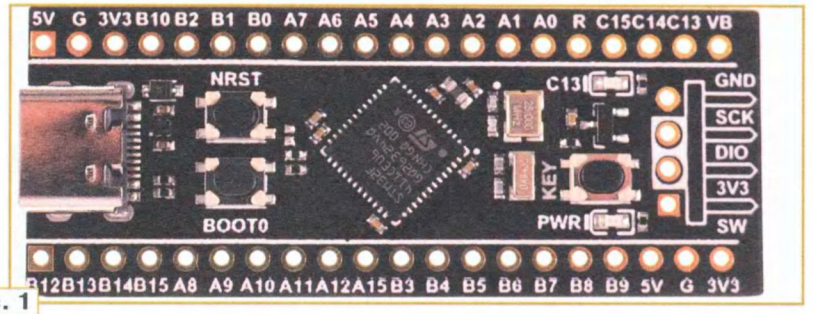


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 6, 2021

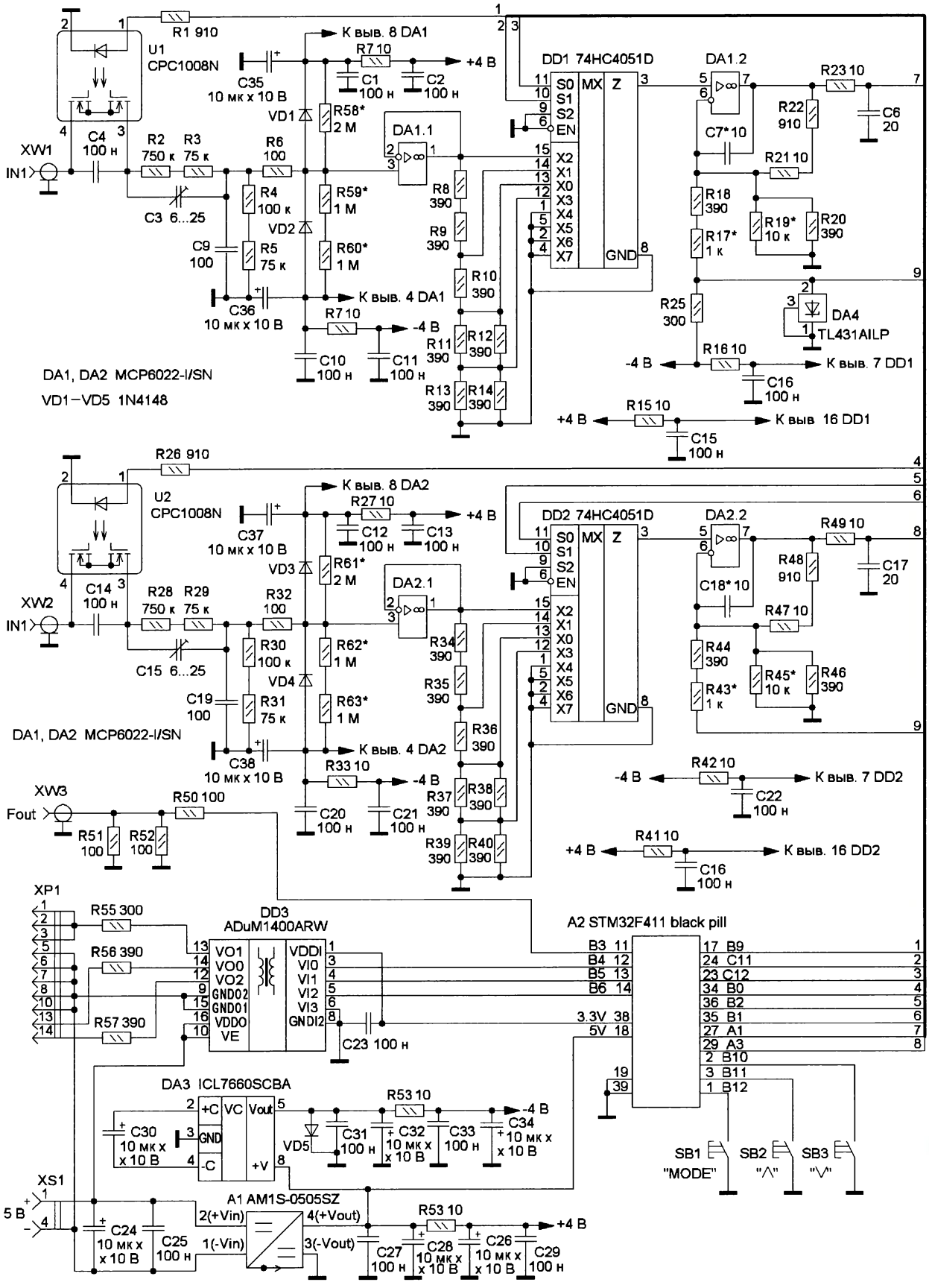


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

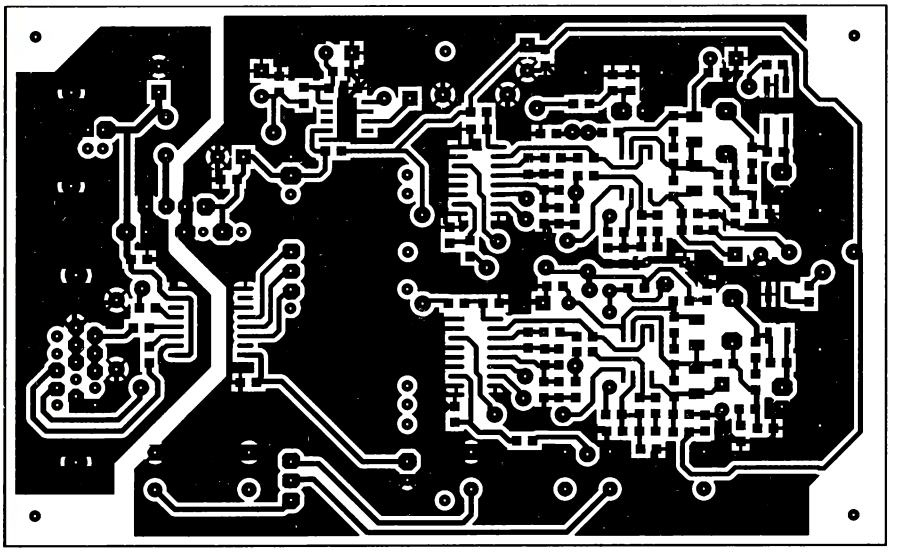


Рис. 3

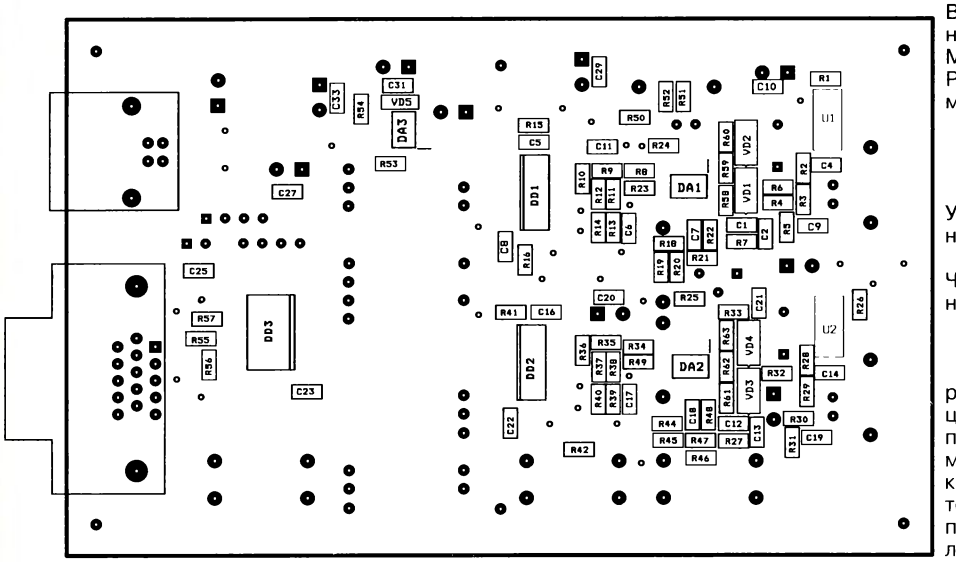


Рис. 4

Разрешение экрана сильно связано с тактовой частотой МК 100 МГц (100/4 = = 25 МГц, частота видеоданных) и с тактовой частотой АЦП, которая в данном случае выбрана 50 МГц. Она хоть и выше максимально заявленной в 36 МГц, спокойно воспринимается самим АЦП. Для увеличения частоты выборок АЦП работает в восьмибитном режиме, что даёт немного менее 5 млн выборок в секунду. У выбранного МК только один АЦП, поэтому для двухканального варианта приставки используется чередование опроса двух каналов. На практике это позволяет спокойно рассматривать сигналы частотой до 500 кГц в одноканальном и до 250 кГц в двухканальном режимах работы, но можно увидеть наличие сигнала и оценить его частоту в два раза выше.

Схема приставки показана на **рис. 2**. Её питание осуществляется от USB-порта (телевизора) монитора, к которому она подключается, или любого другого источника питания напряжением 5 В и током до 500 мА (ЗУ для сотового телефона). Потребление приставки не превышает 150 мА.

Аналоговая часть собрана на ОУ DA1 (DA2), коммутаторе на микросхеме DD1 (DD2), который обеспечивает переключение чувствительности усилителя вертикального отклонения. Переключение режимов, закрытый (AC) или открытый (DC), осуществляется с помощью оптопары U1 (U2).

Управление приставкой осуществляется с помощью трёх кнопок "^", "v" и "MODE". Коротким нажатием на кнопку "MODE" можно оперативно перемещаться между основными функциями — "Развёртка времени", "Уровень триггера", "Чувствительность входа 1" и "Чувствительность входа 2". При нажатии и удержании кнопки "MODE" и нажатии на кнопки "^" и "v" можно перемещаться между всеми доступными функциями, к которым относятся "Тип триггера", "Выход тест", "Тип Входа 1", "Уровень нуля Входа 1", "Тип Входа 2", "Уровень нуля Входа 2". Текущая функция выделяется прямоугольным окном. Внутри функции управление осуществляется кнопками "^" и "v".

Одновременно может обрабатываться один канал или два канала поочерёдно, синхронизация развёртки возможна от любого канала по фронту или спаду сигнала, в том числе и в режиме ожидания одиночного срабатывания. Имеются настройки уровня срабатывания триггера синхронизации и линии нуля каждого канала. В каждом канале выводится информация о частоте сигнала и, в зависимости от типа входа AC или DC, о размахе сигнала (Vpp) или среднем напряжении (Vavr). Реализована возможность выключить показ каждого канала и "заморозить" экран (режим HOLD).

Основные технические параметры

Разрядность АЦП, бит 8
Частота дискретизации, миллионов выборок в секунду 4,5
Входное сопротивление каждого канала, МОм 1
Развёртка по времени, мкс/дел. 1, 2,5, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10000
Усилитель вертикального отклонения, В/дел. 0,25, 0,5, 1, 2, 4
Частота тестового сигнала, кГц ..... 0,1, 0,5, 1, 5, 10, 100, 250 и выключен

Основным является узел центрального процессора, весь функционал приставки реализован программно. Запрограммировав модуль A2 и подключив к приставке кнопки управления и VGA-монитор, можно проверить работу всей приставки, подавая на вход сигналы в интервале от 0 до 3,3 В. Узлы аналоговой части, его питания и гальванической развязки могут быть видоизменены или даже исключены в соответствии с конкретными требованиями и ограничениями. Гальваническая развязка нужна для защиты подключённого монитора при проведении измерений в цепях под высоким напряжением. Прототип приставки у меня больше года проработал без неё, и ни один монитор не пострадал. При выборе схемы аналоговой части я исходил из её максимальной простоты, уменьшения числа применяемых номиналов и распространённости элементной базы. Для разрядности АЦП в 8 бит этого достаточно, но при увеличении разрядности до 10 или 12 бит аналоговую часть нужно пересмотреть и выполнить, например, как в [3].

Конструкция, детали и возможные замены. Для приставки была разработана односторонняя печатная плата размерами 117×72 мм из стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, которую можно изготовить методом ЛУТ. Топология платы показана на **рис. 3** , а размещение элементов на ней — на **рис. 4**

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

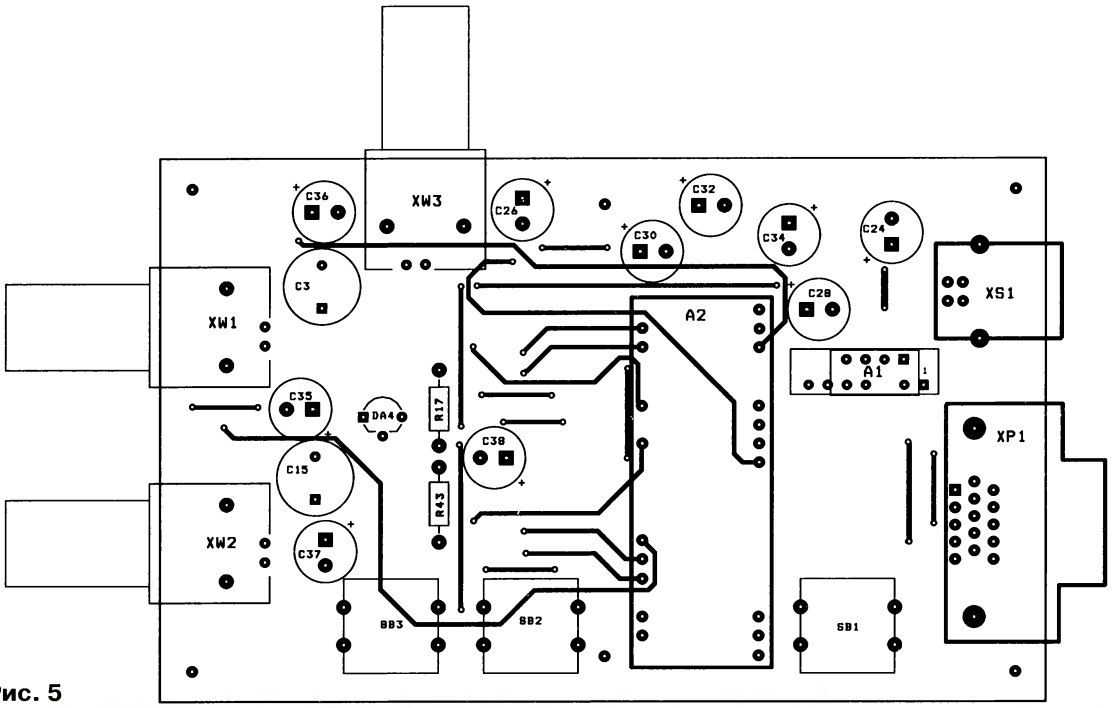


Рис. 5

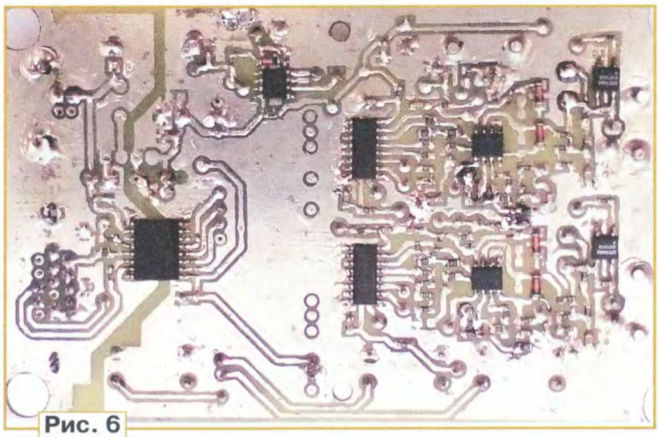


Рис. 6

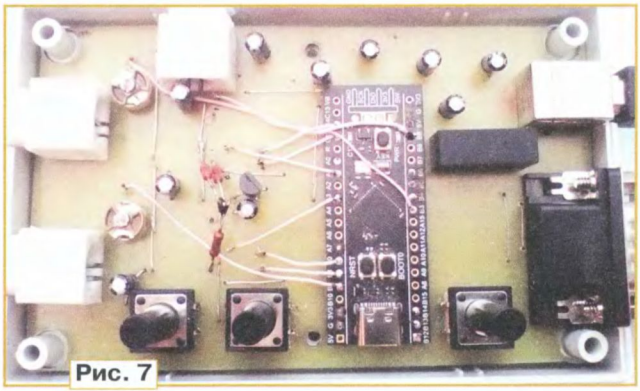


Рис. 7

и **рис. 5**. На **рис. 6** и **рис. 7** показана смонтированная плата приставки. На последнем рисунке можно заметить дополнительные элементы, установленные с помощью навесного монтажа, их установка на печатную плату уже предусмотрена в её топологии.

(Окончание следует)

Адаптер тахометра для системы охранной сигнализации StarLine A93

Ю. БУЛЫЧЕВ, г. Омск

Наилучшим контролем запуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) во многих случаях считается запуск по таходатчику, т. е. двигатель считается запущенным тогда, когда частота вращения коленчатого вала (КВ) значительно превышает частоту при вращении КВ от стартёра. Поэтому практически все автомобильные системы охранной сигнализации, имеющие в своём функционале автозапуск ДВС, имеют опцию запуска по таходатчику, включая и сигнализацию StarLine A93. Параметры сигнала датчика оказались изготовителем сигнализации StarLine засекреченными. Ни официальное обращение, ни запрос на его форуме результата не принесли, по совершенно необъяснимой причине изготовитель упорно утаивает эти данные от покупателя. Поэтому пришлось автолюбителям провести самостоятельные исследования, в результате которых оказалось, что, возможно, сигнализация StarLine A93 разработана только для автомобилей серии ВАЗ. Таходатчик должен выдавать два импульса на каждый оборот КВ, что соответствует частоте 20 Гц, и классическим 600 об/мин на холостом ходу (ХХ). Так как обороты на ХХ величина жёстко ненормированная, можно допустить, что частота сигнала с таходатчика должна находиться в пределах 15...25 Гц. Следует ожидать, что амплитуда сигнала при этом должна превышать половину напряжения питания во всех режимах.

В автомобильных форумах нередки жалобы о проблемах с запуском по таходатчику, и логично предположить, что многие из них связаны, прежде всего, с необеспечением указанных

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

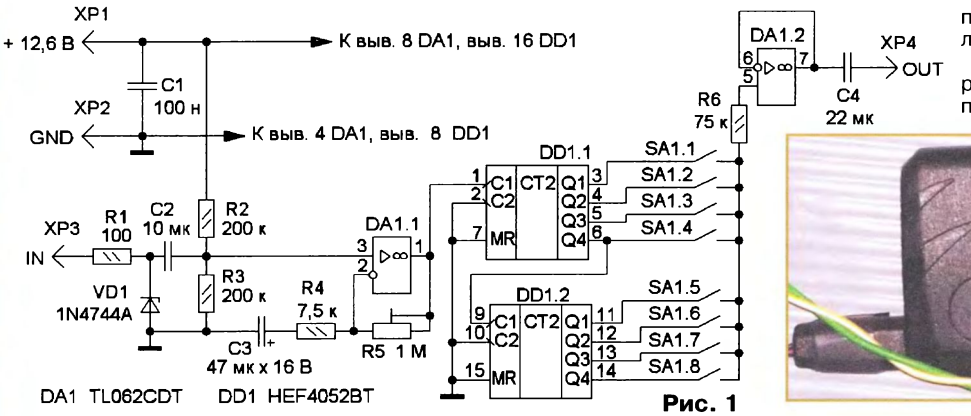


Рис. 1

поступает на вход блока управления сигнализации.

Адаптер получился малогабаритным и легко уместился в корпусе вышедшего из строя антен-

Рис. 2

выше технических требований к параметру сигнала таходатчика. Например, таходатчик, установленный в топливном насосе высокого давления Bosch VE дизельного ДВС, "выдаёт" на XX импульсы с частотой около 300 Гц (в 15 раз выше требуемой!) с амплитудой, зависящей от оборотов ДВС, что для типового индуктивного датчика естественно. В результате микроконтроллер (МК) сигнализации воспринимает такую частоту оборотов ДВС от стартёра как факт запуска ДВС и отключает реле стартёра. В Интернете можно встретить успешный способ "борьбы" с таким недостатком путём установки параллельно таходатчику конденсатора. Несмотря на очевидную несуразность такого способа, он оказывается работоспособным в тех случаях, когда МК сигнализации контролирует только само наличие сигнала XX, игнорируя измерение частоты от стартёра. В этом случае с помощью конденсатора происходит подавление сигнала таходатчика на низких оборотах, т. е. он выдаёт сигнал только выше определённого порогового значения оборотов, частоту же сигнала таходатчика на XX не контролирует.

В статье предложен вариант универсального адаптера, пригодного, на взгляд автора, для любых моделей и типов ДВС. Схема адаптера представлена на **рис. 1**. Сигнал с таходатчика через защитную цепь на резисторе R1 и стабилитроне VD1 поступает на усилитель-ограничитель на ОУ DA1.1, усиление которого можно изменить подстроечным резистором R5. Выход этого ОУ подключён к входу двоичного счётчика DD1.1, а с его выхода Q4 — на вход второго счётчика DD1.2. В результате на набор переключателей SA1.1—SA1.8 поступают импульсы с поделённой частотой импульсов таходатчика. С помощью этих переключателей выбирают выход с таким коэффициентом деления, который обеспечивает выходной сигнал частотой 15...25 Гц на XX, который через развязывающий ОУ DA1.2 ного модуля этого же изготовителя (**рис. 2**). Монтаж элементов произведён на макетной печатной плате. Применены элементы для поверхностного монтажа — резисторы и неполярные конденсаторы — типоразмера 1206, конденсатор C3 — танталовый, подстроечный резистор — серии 3302 фирмы Bourns или аналогичный, набор переключателей — DIP-переключатель DS1040-08RN или аналогичный, но можно обойтись и без него, заменив его проволочной перемычкой, которой соединяют резистор R6 с одним из выходов счётчиков.

Настройка адаптера проста. С помощью ключа запускают ДВС и на оборотах XX вращением резистора R5 находят положение, при котором на брелоке сигнализации появится стилизованное обозначение клубов дыма из выхлопной трубы. После чего немного увеличивают запас по усилению ОУ DA1.1, переводят сигнализацию в режим запуска по таходатчику и проверяют результат.

Узлы сравнения для компараторов на логических элементах

А. МЕЛЬНИКОВ, г. Барнаул

В январском номере журнала "Радио" была опубликована статья [1], в которой предложены схемы построения двухпороговых компараторов с использованием логических элементов структуры КМОП. Применение подобных компараторов выгодно тем, что для их построения можно использовать имеющиеся в устройстве свободные логические элементы, не вводя в схему базового устройства дополнительных микросхем.

Однако далеко не во всех устройствах можно найти свободные логические элементы ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, с применением которых построено большинство описанных в [1] устройств. К тому же в составе большинства радиолюбительских конструкций наиболее часто используемыми являются логические элементы И-НЕ (К561ЛА7 и аналогичные), а микросхема К561ЛП2 применяется довольно редко. Поэтому в продолжение этой темы хочу предложить ещё несколько вариантов схем двухпороговых компараторов, построенных с применением различных логических элементов.

Схема компаратора, построенного на одном элементе микросхемы К561ЛП2, приведена на **рис. 1**,а. На этой и последующих схемах входные цепи компараторов и цепи питания микросхем не показаны, а напряжение на входы контроля нижнего (НП) и верхнего (ВП) порогов поступает с движков подстроечных резисторов, с помощью которых устанавливают пороги срабатывания компаратора. Когда напряжение на входах находится в интервале между нижним и верхним порогами, светит светодиод HL2 "Норма" и на выходе узла присутствует высокий логический уровень. Если напряжение выйдет за установленные пределы, светодиод HL2 погаснет и включится светодиод

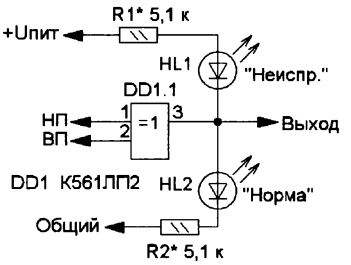
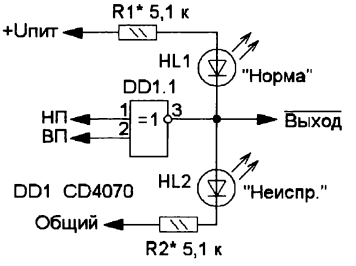


Рис. 1

а



б

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

HL1, а на выходе узла появится низкий логический уровень. В том случае, если в составе базового устройства имеется свободный логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ (микросхема CD4070), компаратор можно построить по схеме, приведённой на рис. 1,б. Логика работы цепей индикации и выхода этого узла противоположна логике работы предыдущего устройства.

Если в составе базового устройства отсутствуют логические элементы ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, узел сравнения можно построить на двух логических элементах И-НЕ по схеме, приведённой на **рис. 2**. Данная схема аналогична компаратору, применённому в устройстве, описанном в [2] на рис. 1. В схемах, приведённых на рис. 1 и рис. 2, в

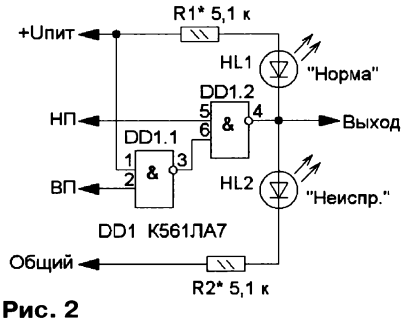


Рис. 2

го регулирования, воздействующей на управляемый объект и тем самым возвращающей входной сигнал компаратора к нормальному значению.

вень, и триггер снова переходит в исходное состояние.

Следует отметить, что для обеспечения работы узла на вход С триггера DD1.1 необходимо подавать тактовые импульсы. Частота этих импульсов определяет время реакции триггера на изменение логического уровня на входе D и в большинстве случаев не имеет принципиального значения. Поэтому в качестве источника импульсов можно использовать имеющийся в базовом устройстве тактовый генератор, подать импульсы частотой 50 Гц или 100 Гц от сетевого выпрямителя или использовать в качестве источника импульсов мигающий светодиод. Так как выходы триггера работают в противофазе, для индикации состояния ком-

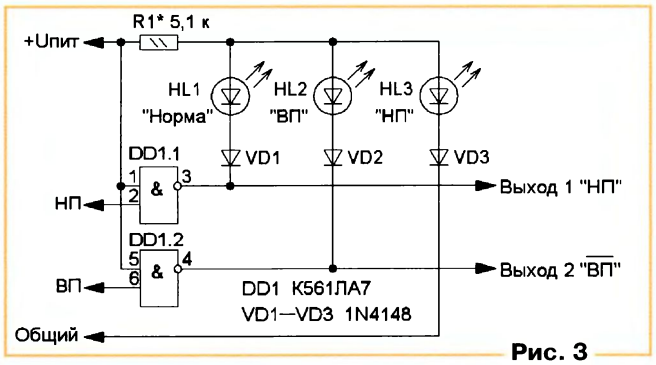


Рис. 3

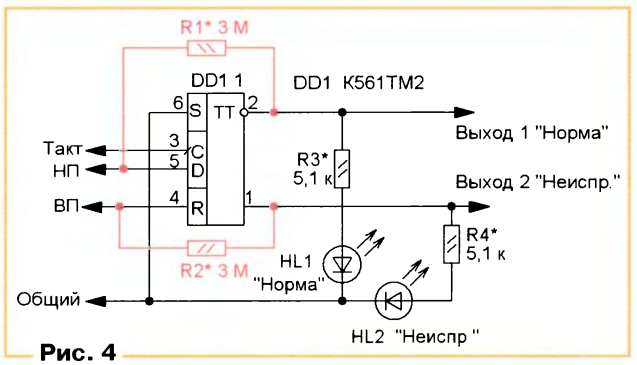


Рис. 4

зависимости от требований к индикации, можно использовать как оба светодиода, так и удалить любой из них.

Описанные выше схемы отличаются простотой, но имеют один общий недостаток — они могут индицировать только нахождение входного сигнала компаратора в установленном интервале или выход за его пределы, но не могут отображать знак изменения входного сигнала. Этого недостатка лишены устройства, описанные в [1], но все они построены с применением трёх логических элементов ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ. Для того чтобы упростить подобный узел при сохранении всех функциональных возможностей, можно воспользоваться схемой, приведённой на **рис. 3**.

Рассмотрим работу этого узла подробно. Когда напряжение на входе компаратора не превышает нижнего порога, на выходах элементов DD1.1 и DD1.2 присутствует высокий логический уровень, поэтому диоды VD1 и VD2 закрыты, а светодиоды HL1, HL2 погашены. Светодиод HL3 при этом светит, индицируя низкий уровень напряжения на входе компаратора.

При увеличении входного напряжения до величины, превышающей нижний порог, на выходе элемента DD1.1 появляется низкий логический уровень, в результате чего светодиод HL1 включается, а HL3 гаснет. При дальнейшем повышении входного напряжения на выходе элемента DD1.2 появляется низкий логический уровень, светодиод HL1 гаснет и включается светодиод HL2. Сигналы с выходов 1 и 2 могут использоваться для включения дополнительных устройств сигнализации или подаваться на вход системы автоматическо-

Для корректной работы узла индикации на светодиодах HL1—HL3 должно выполняться условие $U_{HL3} + U_{VD3} > U_{HL1} + U_{VD1} > U_{HL2} + U_{VD2}$. Если используются однотипные светодиоды, руководствуясь приведённым выше неравенством, необходимо подобрать нужное число последовательно включённых диодов, устанавливаемых на месте VD1—VD3 и выполняющих функции стабисторов. В том случае, если прямое напряжение применённых светодиодов значительно различается (использованы светодиоды разного цвета свечения), на месте диодов VD1—VD3 можно использовать стабилитроны, катоды которых соединяют с катодами светодиодов.

Все описанные выше узлы построены с применением двухвходовых логических элементов, но при их отсутствии в схеме базового устройства для построения узла сравнения можно использовать свободный D-триггер микросхемы К561ТМ2. Схема такого узла приведена на **рис. 4**. Пока входное напряжение компаратора не превышает нижнего порога, на входе D присутствует низкий логический уровень и триггер находится в исходном состоянии (на прямом выходе — низкий логический уровень, а на инверсном — высокий). Когда входное напряжение превысит нижний порог, на входе D установится высокий логический уровень и по первому положительному перепаду тактового импульса, поступающего на вход С, триггер переключится в единичное состояние и логические уровни на его выходах изменятся на противоположные. При превышении входным напряжением верхнего порога на входе R появляется высокий логический уро-

паратора можно использовать один двухцветный светодиод с встречно-параллельным включением кристаллов, подключив его через токоограничивающий резистор между прямым и инверсным выходами триггера.

Для повышения чёткости переключения триггера при плавном изменении входного напряжения в узел, построенный по схеме на рис. 4, можно ввести положительную обратную связь. Для этого между входами и выходами триггера необходимо установить резисторы R1 и R2, выделенные на рис. 4 красным цветом, сопротивление которых определяет величину гистерезиса переключения. При уменьшении сопротивления этих резисторов гистерезис увеличивается, а при увеличении — уменьшается.

Все узлы, схемы которых были приведены выше, построены с применением минимально необходимого числа логических элементов. Однако, если конструкция базового устройства позволяет ввести в его состав дополнительную микросхему, эксплуатационные свойства компаратора можно значительно улучшить, наделив его дополнительными сервисными возможностями.

Схема узла, имеющего дополнительный вход отключения и три независимых выхода, приведена на **рис. 5**. Этот узел построен с использованием дешифратора К561ИД1, описание работы которого можно найти в [3]. Номер включённого в данный момент выхода определяется комбинацией логических уровней на входах НП, ВП и входе отключения "Откл." . При подаче на вход D (вывод 11) высокого логического уровня на всех выходах узла устанавливается

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

низкий логический уровень, а светодиоды HL1—HL3 гаснут. Установив резисторы R1 и R2, входам узла можно придать свойства триггера Шмитта.

В качестве узла сравнения можно использовать не только дешифратор, но и двухканальный мультиплексор К561КП1, включив его по схеме, приведённой на **рис. 6**. Достоинством этого варианта является то, что выходами 1—3 можно управлять независимо от индикаторных светодиодов, устанавливая на входе Y (выводе 3) мультиплексора соответствующий логический уровень. При подаче высокого логического уровня на вход E1 (вывод 6) все выходы мультиплексора переходят в высокоимпедансное состояние. Резисторы R1 и R2 также служат для создания положительной обратной связи между входами и выходами узла, что повышает чёткость переключения компаратора.

Если в качестве узла сравнения использовать дешифратор, предназначенный для управления семиэлементным светодиодным индикатором, появляется возможность отображать состояние компаратора на табло индикатора в виде цифр или букв. В качестве примера рассмотрим вариант, при котором низкий уровень напряжения на входе компаратора отображается цифрой 0, нормальный (средний) — буквой С, а высокий (повышенный) — буквой П. Для того чтобы соединить выходы дешифратора с элементами индикатора в нужном порядке, можно воспользоваться **таблицей**. В нижнюю часть таблицы занесены данные, отражающие логику работы дешифратора при стандартном включении, а в верхнюю часть — выходные сигналы, которые необходимо получить для работы дешифратора в качестве компаратора. Если теперь соединить между собой столбцы с одинаковыми кодами, то линии покажут, с какими сегментами индикатора необходимо соединить выходы дешифратора для отображения того или иного символа.

Схема узла сравнения, построенная с применением дешифратора К176ИД2, приведена на **рис. 7**. Здесь использован светодиодный индикатор с общим катодом, но можно применить также индикатор с общим анодом, соединив вывод 6 дешифратора, а также выводы анодов индикатора с плюсом источника питания (в этом случае выходы 1—3 узла станут прямыми, т. е. имеющими активный высокий логический уровень).

Вход "Гашение" позволяет отключить индикацию путём перевода всех выходов дешифратора в состояние низкого (в случае применения индикатора с общим анодом — высокого) логического уровня, а при соединении входа "Память" с общим проводом дешифратор запоминает код, присутствующий в этот момент на его входах. Эту функцию удобно использовать для отображения на индикаторе причины срабатывания компаратора вне зависимости от текущего состояния его входов. Десятичная точка индикатора управляется отдельно, что позволяет использовать её в качестве дополнительного элемента индикации.

Вместо микросхемы К176ИД2 можно использовать микросхему К176ИД3 [3], работающую аналогично, но так как эта микросхема имеет выходы с открытым стоком, совместно с ней можно использовать только индикаторы с общим катодом. Также можно использовать микросхему 564ИД5, предназначенную для поверхностного монтажа. Назначение выводов этой микросхемы аналогично приведённому на рис. 7, но вывод 7 следует соединить с общим проводом.

Во всех описанных выше узлах можно использовать микросхемы серий К176, К561, КР1561, 564, а также их импортные аналоги. В схемах, приведённых на рис. 2 и рис. 3, вместо микросхемы К561ЛА7 желательно использовать микросхему К561ТЛ1 (CD4093), входы которой оснащены триггерами Шмитта. Напряжение питания устройств, собранных на микросхемах серии К176, может лежать в интервале от 5 до 9 В, а для остальных серий микросхем — от 3 до 15 В. Сопротивление резисторов, ограничивающих ток через светодиоды, рассчитывают по формуле $R = (U_{пит} - U_{пр})/I_{доп}$, где R — сопротивление резистора (кОм); $U_{пит}$ — напряжение питания узла (В); $U_{пр}$ — падение напряжения на светодиоде (В); $I_{доп}$ — допустимый выходной ток логического элемента микросхемы (мА). Значение $I_{доп}$ для большинства логических элементов структуры КМОП не следует выбирать более 3 мА при использовании современных сверхъярких светодиодов, а также ультраярких семиэлементных светодиодных индикаторов, такого тока вполне достаточно для нормальной работы индикации. В том случае, если последовательно со светодиодами включены диоды или стабилитроны (см. рис. 3), из числителя приведённой выше формулы следует вычесть прямое падение напряжения на диодах или напряжение стабилизации стабилитронов.

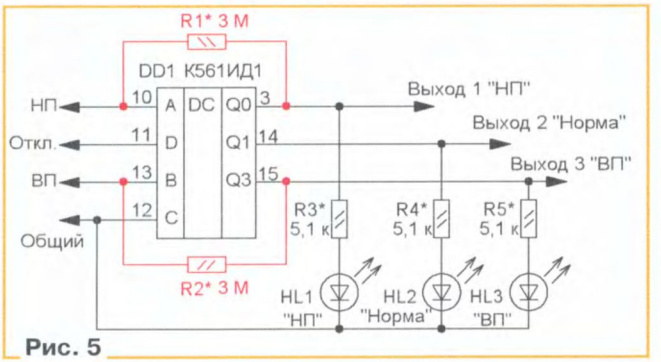


Рис. 5

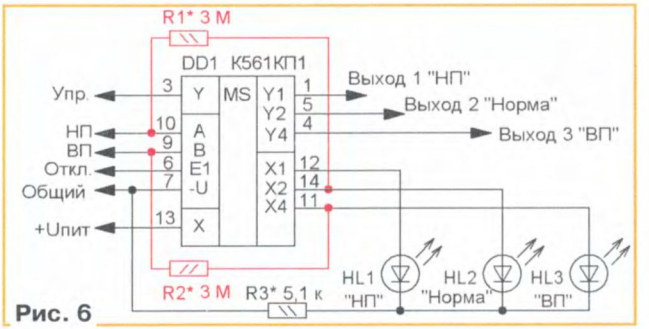


Рис. 6

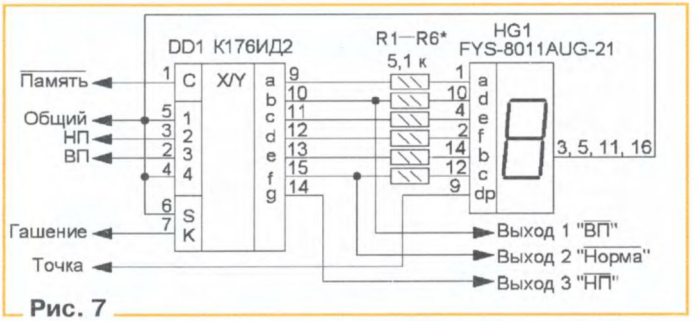


Рис. 7

Индицируемый символ	Код	Включённые элементы						
		a	b	c	d	e	f	g
О	0000	1	1	1	1	1	1	0
С	0010	1	0	0	1	1	1	0
П	0110	1	1	1	0	1	1	0
0	0000	1	1	1	1	1	1	0
3	0010	1	1	1	1	0	0	1
6	0110	1	0	1	1	1	1	1

ЛИТЕРАТУРА

1. **Староверов А.** Двухпороговые компараторы на логических элементах. — Радио, 2021, № 1, с. 14, 15.

2. **Мельников А.** Узел отключения звукового сигнала. — Радио, 2020, № 11, с. 26, 27.

3. **Шило В. Л.** Популярные микросхемы КМОП: Справочник. — М.: Горячая линия—Телеком, 2001, 112 с. — (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1246).

Система автоматического полива для дачного участка

Г. МАРТЫНОВ, г. Донецк, Украина

Дачный сезон в самом разгаре. Многие дачники по-прежнему задаются "вечным" вопросом оптимизации полива. Журнал "Радио" уже не раз печатал статьи на эту тему. Однако автор, проанализировав всё, предлагает простой, не очень дорогой вариант автоматизации процесса полива. Самое главное, он избавит вас от переживаний, беготни и обеспечит благоприятные условия полива различных насаждений.

Комплект для полива состоит из автомата контроля уровня воды в баке или колодце (скважине) и покупного электронного недельного таймера. Таймер может быть, например, Timer-2 фирмы Horoz Electric или аналогичный [1, 2], а автомат контроля воды можно изготовить самостоятельно. Комплект работает следующим образом. Автомат контролирует уровень воды, безопасный для насоса; таймер обеспечивает режим полива по часам, дням, неделям, а капельная или другая система распределяет воду между насаждениями. Автор пользуется таким комплектом уже второй сезон.

Внешний вид автомата контроля уровня воды показан на **рис. 1**. На его корпусе расположены кнопки принудительного включения (зелёная) и выключения (красная) насоса, если включение и выключение насоса происходят не по таймеру. Светодиод жёлтого свечения сигнализирует о том, что на автомат контроля воды подано напряжение 230 В. Зелёный светодиод показывает, что воды больше половины бака (колодца, скважины), светит красный — уровень воды ниже нижнего датчика. На корпусе также расположены розетка для насоса и винтовые зажимы для датчиков середины, нижнего уровня и точки отсчёта контроля уровня воды.

Рис. 1

Схема автомата показана на **рис. 2**. Микроконтроллер DD1 подаёт сигналы на точку отсчёта контроля уровня воды (TROS), а датчики уровня воды (MIDL и DOWN) контролируют наличие прохождения этих сигналов. Диоды VD1—VD6 обеспечивают защиту от высокого напряжения (электростатическое напряжение, блуждающие токи и т. д.). Резисторы R2—R4 с большим сопротивлением — для работы устройства в режиме микротоков, чтобы не оказывать влияние на свойства воды. Конденсаторы C1—C3 подавляют высокочастотные наводки и импульсы. Управляющий сигнал для насоса подаёт микроконтроллер на симистор VS1 через гальваническую развязку на оптроне U1. Гнездо XS7 предназначено для программирования микроконтроллера.

Чертёж печатной платы и размещение деталей на плате показаны на **рис. 3**. Плата изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. При монтаже деталей на плату необходимо установить единственную проволочную перемычку, рас-

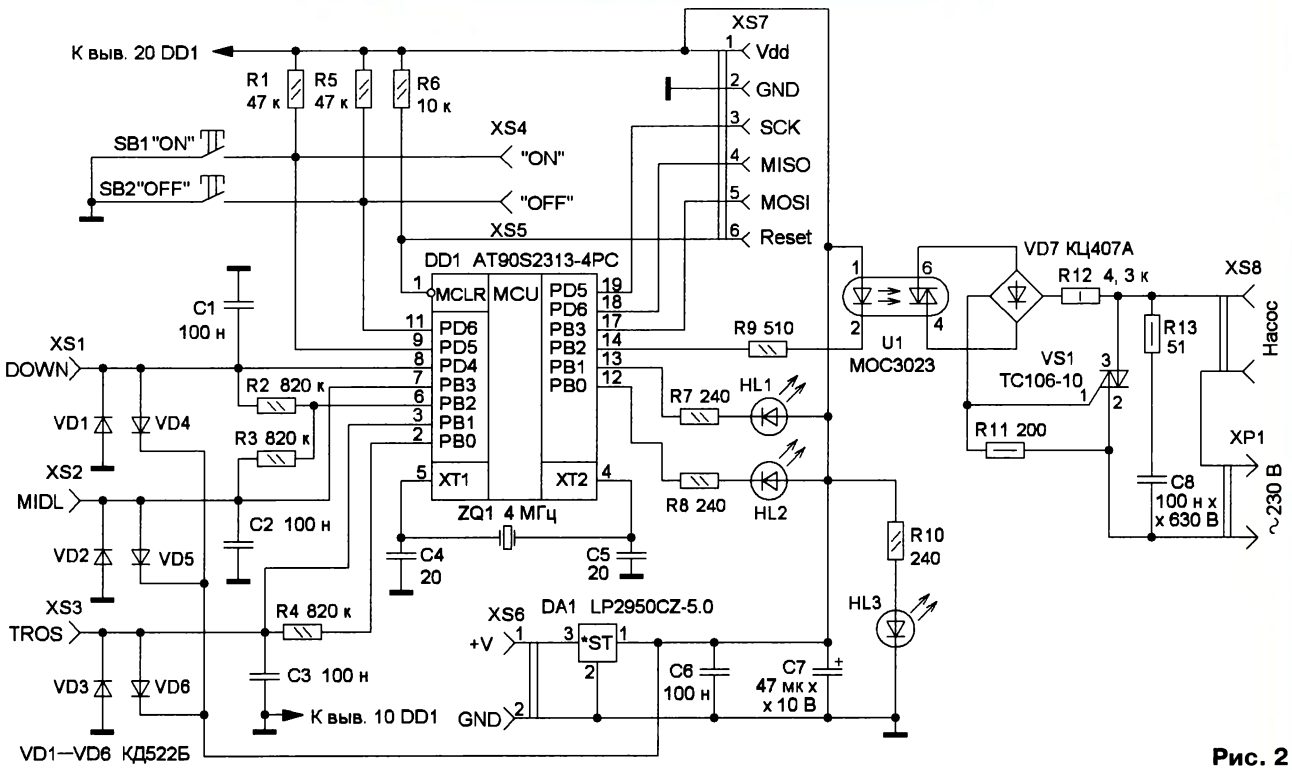


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

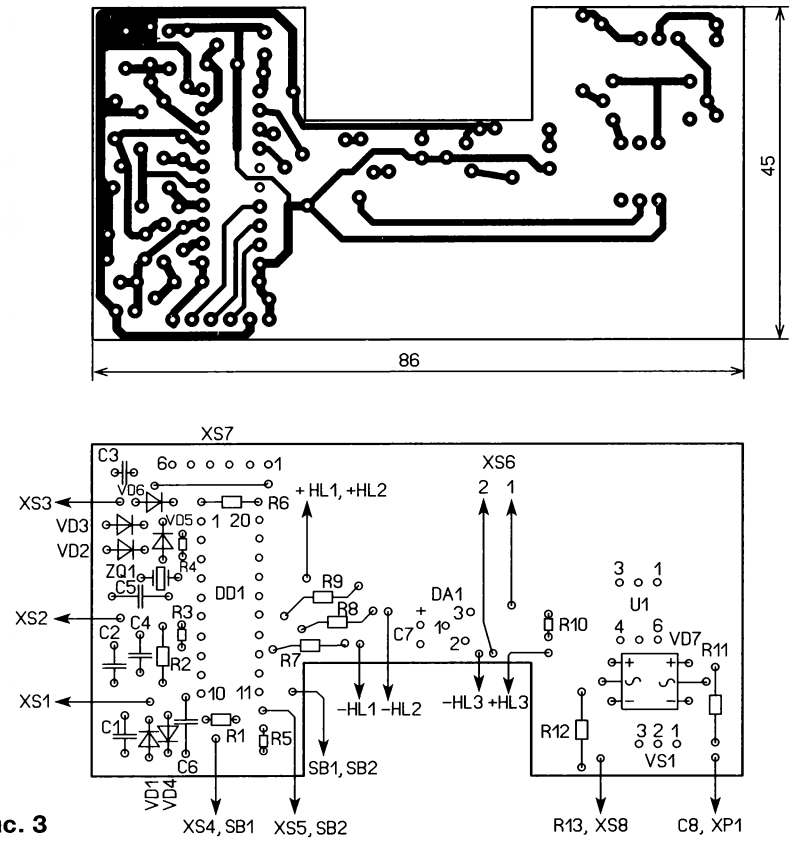


Рис. 3

положенную под гнездом XS7. Для изготовления автомата контроля воды в магазине электронных изделий был куплен пластмассовый корпус, его габаритные размеры с выступами для крепления — 120×54×30 мм. В нём уже имеются четыре винтовых зажима. Их видно на передней стенке корпуса (см. рис. 1), они использованы для подсоединения датчиков уровня и точки отсчёта контроля уровня воды. Есть возможность четвёртый зажим использовать для датчика верхнего уровня воды при контроле наполнения бака водой.

В авторском варианте вода поступает непосредственно из скважины, поэтому датчик верхнего уровня воды отсутствует. Планка с зажимами фиксируется в корпусе с помощью двух винтов. Печатную плату размещают на дне корпуса, а затем сверху прикручивают планку зажимов. В верхней части корпуса сверлят отверстия для светодиодов и кнопок, а в боковой — для розетки, в которую подключают насос. Все внешние детали подпаивают к плате проводами.

Для питания устройства был использован блок питания 7 В, 300 мА от старого мобильного телефона. Дополнительно напряжение питания стабилизируется с помощью интегрального стабилизатора на микросхеме DA1. Из блока питания вынута плата и установлена в корпус автомата. Шнур питания 230 В припаян непосредственно к плате блока питания. Элементы R13, C8 установлены навесным методом.

В устройстве применены резисторы МЛТ не меньшей мощности, чем указано на схеме. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, остальные — керамические или плёночные, C8 может быть серии К73 на напряжение 630 В или импортный, рассчитанный на работу при сетевом напряжении. Диоды VD1—VD6 — серий КД522, 1N4148, светодиоды — любые маломощные. Микросхему LP2950CZ-5.0 можно заменить микросхемой 78L05, если ваша плата блока питания даёт напряжение больше 7 В. Симистор может быть серии ТС106 на напряжение более 600 В. Светодиоды желательно использовать яркие или суперъяркие, чтобы хорошо было видно. Кнопки могут быть любые с самовозвратом, например PBS-11A.

Автомат контроля воды имеет хорошую гальваническую развязку от сети 230 В, что гарантирует его безопасную эксплуатацию. Со стороны питания она обеспечивается трансформатором блока питания, а со стороны подключения насоса — оптроном U1.

Автор использует простые датчики, изготовленные из небольших полосок нержавеющего металла размерами 10×20 мм, к которым припаян провод. Подойдёт любая форма датчиков, размеры их приблизительные. Для пайки к металлу использован самодельный флюс из порошка хлористого аммония, залитого глицерином. Точкой отсчёта является металлический трос, на котором подвешен насос. Если в качестве накопительной ёмкости для воды используется металлический бак, его корпус и будет точкой отсчёта. Понятно, что датчик середины опускают, примерно в середину толщи воды. Нижний датчик рекомендуется устанавливать по верхнему краю погружного насоса.

Текст программы на языке СИ написан в среде ImageCraft IDE for ICCAVR версии 7.22C, он имеется на сайте редакции. Текст содержит достаточно комментариев. В начале программы содержится описательная часть, определения, подпрограмма задержки delayN, начальные установки. Основная часть (MAIN) программы простая. Она содержит условия включения и выключения насоса, состояния датчиков по отношению к уровню воды и в конце программы — условия состояния последней нажатой кнопки.

Возможны два варианта подключения насоса. Вилку автомата контроля уровня воды вставляют в розетку 230 В, к нему подключают таймер режима полива, а в таймер — вилку насоса. При этом не забудьте нажать на зелёную кнопку включения насоса. Автор использует именно такой вариант, так как, находясь на даче, иногда отключает таймер и поливает сад. Насос в этом случае подключается прямо к автомату контроля воды.

Можно таймер вставить в розетку 230 В, к нему подключить автомат контроля воды, а вилку насоса подключить к автомату. Но в этом случае автомат контроля уровня воды будет периодически отключаться таймером от сети 230 В, поэтому микроконтроллер необходимо запрограммировать в состояние включённого насоса по умолчанию. Для этого в тексте программы, после строки // **Main перед while** , значение **ON_OFF_flag =0** нужно поменять на **ON_OFF_flag =1**. Кстати, если у вас иногда отключают свет, такое изменение программы обязательное, но помните, что при нахождении таймера в состоянии включённой нагрузки насос также включится и начнёт работать. Если насос включился, а его нужно остановить, следует нажать на красную кнопку SB2 "OFF".

Файлы проекта **auto_nasos** среды ImageCraft предназначены для программирования микроконтроллера (**auto_nasos_off.hex** — насос по умолчанию выключен, **auto_nasos_on.hex** — насос по умолчанию включён).

Для желающих посмотреть на компьютере, как работает данное схемное и программное решение (помигать светодиодами и понажимать кнопки), имеется проект файла avtovat-nasos в среде Proteus версий 7.2—8.6 фирмы Labcenter Electronics.

ЛИТЕРАТУРА

1. Timer-2. — URL: **http://horozelectric.ru/index.php/catalog/drugie/tajmer/timer-2-detail** (24.03.21).

2. Розетки-таймеры. — URL: **https://nalampe.ru/catalog/elektrotovary/type-is-rozetki-taymery/** (24.03.21).

От редакции. *Упомянутые файлы, программы для микроконтроллера, а также чертёж печатной платы в программе Sprint-Layout находятся по адресу* **http://ftp.radio.ru/pub/2021/06/poliv.zip** *на нашем FTP-сервере.*

КРИСС: восьмиразрядный компьютер для широкого спектра задач

И. РЕШЕТНИКОВ, г. Видное Московской обл.

Работа с устройствами на SPI-шине

Контроллер для всех устройств на шине SPI — МК ЦПУ, в нём выполняются все процедуры обмена данными с устройствами на шине, включая процедуры прямого доступа к памяти ОЗУ эмулятора. Работа с устройствами организована через банки данных и управляющий порт 0xFE.

Прямой доступ к SPI-устройствам

Доступ к устройствам на SPI-шине на аппаратном уровне выполняется по следующей схеме.

Сначала заполняется банк данных доступа к SPI-шине: указатель банка устанавливается в 0, выводом 0 в порт 0xFC, далее в порт 0xFD последовательно записываются логический идентификатор устройства на шине (табл. 3 в "Радио", 2021, № 1), настройки скорости работы шины, далее данные для отправки или 0xFF для приёма данных в нужном количестве (**табл. 28**). Значение указателя банка по окончании процедуры записи определяет длину SPI-пакета. Формат байта настройки скорости соответствует младшим четырём битам регистра SPCR МК ЦПУ: CPOL CPHA SPR1 SPR0. CPOL и CPHA определяют режим работы SPI-устройства, SPR1 и SPR0 — значение рабочей частоты шины: для значений 0—3 она будет равна 5 МГц, 1,25 МГц, 300 кГц, 16 кГц соответственно.

После заполнения банка выдаётся команда на запрос выводом 0 в управляющий порт 0xFE.

После выполнения команды значения банка, начиная со второй позиции, будут заполнены ответными данными, полученными от устройства.

Возвращаемое при чтении порта 0xFE значение — последний полученный байт от опрашиваемого устройства.

Накопитель на SD-карте

Единственная команда, которую поддерживает КРИСС в части прямого, не через посекторный ввод/вывод через БИОС, работы с SD-картой — команда инициализации, для чего необходимо записать единицу в управляющий порт 0xFE. Пользоваться этой командой нужно при условии, что карта была заменена, поскольку инициализация должна быть сделана сразу после внутренней инициализации при подаче питания. В противном случае инициализация может пройти некорректно.

Возвращаемое при чтении порта 0xFE значение — тип SD-карты (переменная SD_TYPE банка общего доступа).

Эту команду следует использовать с осторожностью, при смене карты в процессе работы рекомендуется использовать сброс из системной консоли.

Таблица 28

Смещение	Тип данных	Мнемоника	Описание
0	BYTE	PSPI_ADDR	Логический адрес устройства
1	BYTE	PSPI_MODE	Настройка скорости и режима работы
2-133	-	PSPI_DATA	Данные отправки/приёма

Часы реального времени

Часы реального времени (ЧРВ) используют для работы блок переменных общего доступа с адреса 65 размером семь байт. Структура блока данных приведена в **табл. 29**. Все поля — размером один байт, данные хранятся в формате BCD, в этом формате записываются десятичные числа от 0 до 99, старший полубайт содержит десятки, младший — единицы.

Кроме этого, в системном ОЗУ хранится копия памяти резервированного батареей ОЗУ ЧРВ, доступа к которой из прикладных программ не предусмотрено.

Таблица 29

Индекс	Описание
0	Секунды
1	Минуты
2	Часы
3	День недели
4	День месяца
5	Месяц
6	Год

Для управления ЧРВ служат команды управляющего порта 0xFE с номера 80 по 87, их перечень приведён в **табл. 30**. Все команды работают с блоком данных ЧРВ: команда чтения заполняет соответствующие поля, команда записи берёт из них данные.

Таблица 30

Команда	Описание	Возвращаемое значение
80	Считать время/дату	-
81	Установить время	-
82	Установить дату	-
83	Системная команда записи ПЗУ ЧРВ	-
84	Считать настройки ALARM0	Настройки
85	Считать настройки ALARM1	Настройки
86	Считать байт статуса ЧРВ	Статус
87	Системная команда чтения ПЗУ ЧРВ	-

Продолжение.
Начало см. в "Радио", 2021, № 1—5

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Для управления ЧРВ может быть использован и режим прямого доступа к SPI-устройствам, по порядку работы в этом режиме смотрите руководство по микросхеме DS1305. Для настройки прерываний от будильников ALARMx используйте режим прямого управления.

Контроллер Ethernet

Работа с сетью Ethernet максимально интегрирована в структуру стандартных функций ОС CP/M, поэтому легко может быть использована в любых программах, написанных на любых языках программирования с минимальным объёмом кода. Реализация поддержки сети в КРИСС не соответствует строго существовавшему стандарту CP/NET [6], но сохраняет его базовые принципы.

Предполагается, что читатель знаком с базовыми принципами организации информационных потоков в сети Ethernet, поэтому углубляться в теорию не будем, в литературе и в Интернете есть множество информации, отметим только несколько основных принципов, важных для понимания:

— передача данных происходит специальными пакетами данных, у каждого пакета есть источник, пакет может быть адресован конкретному получателю, а может быть широковещательным, т. е. адресованным всем устройствам в своей подсети;

— содержание пакета определяется используемым протоколом обмена, пакеты вложены друг в друга как матрёшки, каждый протокол служит для определённых целей (**табл. 31**). В частности, протокол ARP используется как служебный для идентификации устройств в сети, протокол UDP — для передачи коротких сообщений без гарантий доставки, TCP — для передачи больших объёмов данных с гарантированной доставкой;

— у каждого устройства в сети есть несколько адресов, Ethernet-фрейм опирается на так называемый MAC-адрес, он имеет вид xx-xx-xx-xx-xx-xx, где xx — число от 0 до 255, IP-фрейм содержит дополнительно IP-адрес в формате xx.xx.xx.xx (протокол IPv4), в протоколах UDP, TCP добавляется ещё понятие "порт" как характеристика процесса обмена (число типа WORD от 0 до 65535).

Таблица 31

Ethernet-пакет	
MAC-адрес отправителя	MAC-адрес получателя
... другие параметры заголовка	
IP-пакет	
IP-адрес отправителя	IP-адрес получателя
... другие параметры заголовка	
UDP-пакет	
Порт отправителя	Порт получателя
... другие параметры заголовка	
Передаваемые данные	

В текущей версии прошивки (4.52) работа с сетью ориентирована на протокол UDP (короткие сообщения), при этом на аппаратном уровне реализованы несколько различных каналов:

— использование канала LAN при операциях с консолью;

— использование канала LAN при работе с каналом PUNCH/READER;

— работа на уровне прикладных программ.

Далее рассмотрим эти каналы подробнее, но сначала погово-

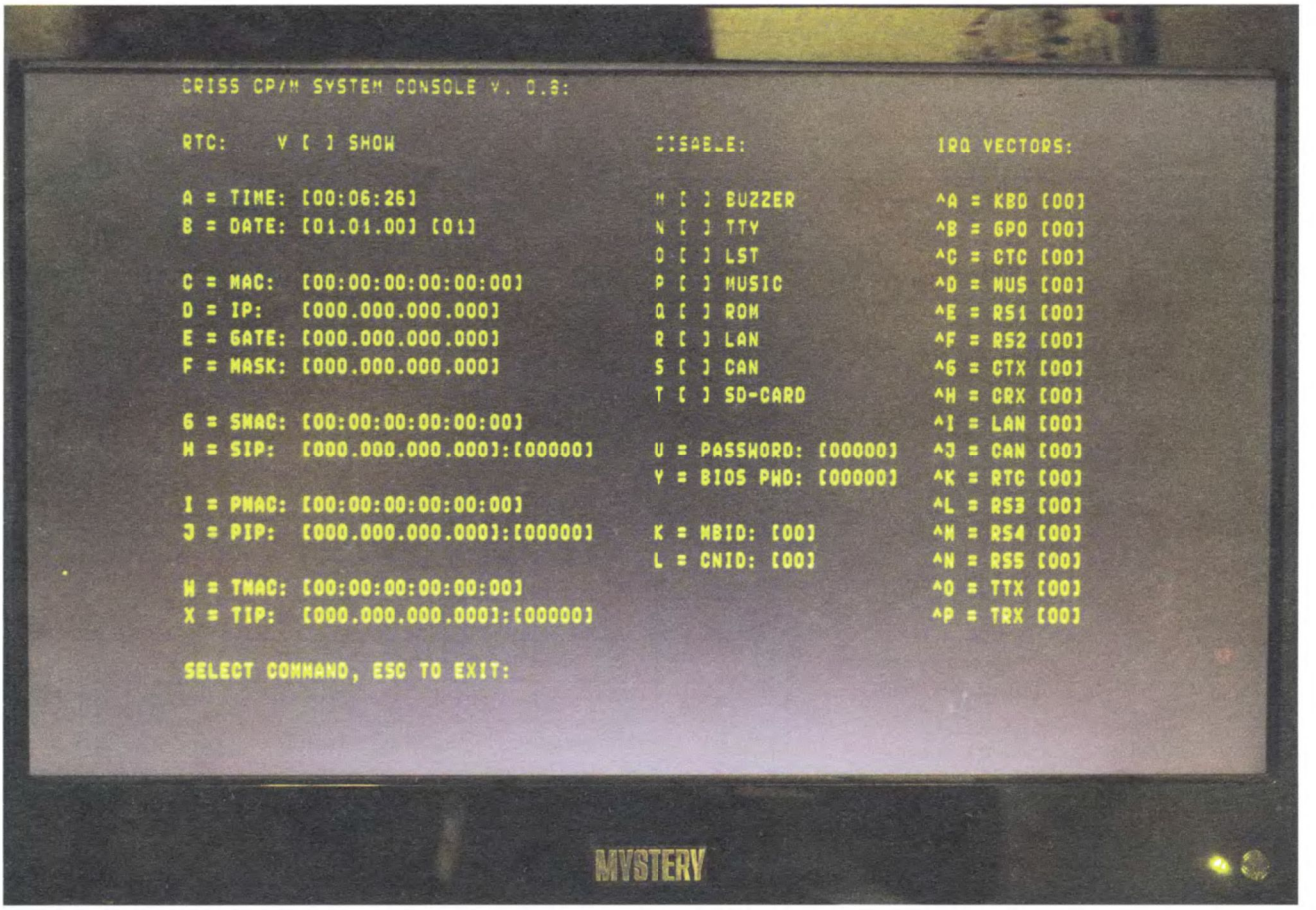


Рис. 16

рим о настройках интерфейса. Все каналы используют настройки консольной панели раздела RTC and S-ROM (**рис. 16**). Физически настройки хранятся в ПЗУ ЧРВ, поэтому для работы сетевого интерфейса желательно, чтобы микросхема ЧРВ и батарея были установлены. Каждый канал имеет свои настройки, поэтому они работают независимо друг от друга. По каждому каналу настраиваются адреса MAC, IP и назначается порт, который является одинаковым для коммуникационного процесса на обеих сторонах.

При работе с консольными командами ввода и вывода CONIN и CONOUT вывод/ввод может осуществляться с различных источников (см. ранее в разделе про БИОС), которые настраиваются в разделе IOBYTE системной консоли. При активированном канале LAN каждый выводимый на консоль байт будет отправляться как UDP-пакет на сервер S-SRV, а каждый пакет, полученный от этого сервера, будет рассматриваться как введённый с клавиатуры символ. Для канала LAN никакая обработка не производится, специальные символы и ESC-последовательности не обрабатываются и передаются как есть, при получении символа слой аппаратной совместимости не вызывается.

Таблица 32

Индекс	Мнемоника	Тип	Описание
0	PR_SRV_MAC	BYTE*6	MAC-адрес
6	PR_SRV_IP	BYTE*4	IP-адрес
10	PR_SRV_PORT	WORD	Порт соединения, одинаковый для обеих сторон

Аналогично осуществляется обмен при использовании функций БИОС PUNCH/READER, только используются настройки сервера PR-SRV. Оба канала используют встроенный буфер размером 16 байт, если информация не была прочитана, она теряется. Оба канала работают на аппаратном уровне БИОС и не требуют других настроек, кроме настроек в системной консоли. Буфер канала PUNCH/READER может быть настроен из прикладной программы через банк переменных общего доступа, блок данных расположен с индекса 74 и имеет структуру, показанную в **табл. 32**. Через этот канал удобно организовывать процесс обмена данными между двумя компьютерами, например для реализации сетевых игр.

На уровне прикладных программ работа организована через отдельный банк данных, структура которого приведена в **табл. 33**.

Буфер хранится в ОЗУ МК и доступен как банк данных из прикладных программ через порты 0xFA (адресный порт) и 0xFB (порт данных). Для управления обменом используется управляющий порт 0xFE, команды в интервале 48—79. Список доступных команд для текущей прошивки 4.52 приведён в **табл. 34**.

Первоначальная настройка буфера параметрами сетевого адаптера (MAC- и IP-адреса) выполняется при стартовой загрузке компьютера. MAC- и IP-адреса являются общими для всех протоколов обмена, порт настраивается индивидуально. Прикладной режим не имеет ограничений на передачу данных по одному байту и может передавать и принимать пакеты любой длины до 1500 байт. Примерный алгоритм работы прикладной программы при организации обмена по сети такой.

Настройка:

— выполнить команду инициализации интерфейса;

— заполнить банк данных, записав адреса в ОЗУ эмулятора буферов приёма и передачи;

— заполнить данные удалённого сервера: MAC, IP, порт.

Отправка пакета:

— записать данные для отправки в буфер ОЗУ эмулятора, установить длину буфера;

— выполнить команду чтения буфера из ОЗУ эмулятора во внутренний буфер;

— выполнить команду формирования UDP-пакета;

— выполнить команду формирования IP-пакета;

— выполнить команду формирования Ethernet-пакета;

— выполнить команду отправки пакета.

Приём пакета:

— выполнить команду обработки очереди пакетов;

— проверить флаг запроса обработки прикладным уровнем;

— при установленном флаге прочитать данные из буфера контроллера в буфер эмулятора, сбросить флаг.

Под термином "выполнить команду" подразумевается запись в порт 0xFE соответствующего значения. Все эти команды занимают минимум кода в прикладной программе и обеспечивают удобный режим коммуникационного процесса.

Обработчик очереди пакетов выполняет целый блок операций:

— считывает полученные пакеты;

— отвечает на ARP-запросы, направленные интерфейсу;

— расшифровывает ARP-ответы от сервера на получение MAC-адреса;

— обрабатывает пакеты канала консольного обмена, полученные данные сохраняются в буфере;

Таблица 33

Смещение	Тип данных	Мнемоника	Описание
0	WORD	LAN_PAR	Служебные настройки
2	WORD	LAN_MBUF_IN	Адрес буфера приёма в ОЗУ эмулятора
4	WORD	LAN_MBUF_IN_L	Длина буфера
8	WORD	LAN_MBUF_OUT	Адрес буфера передачи в ОЗУ эмулятора
10	WORD	LAN_MBUF_IN_L	Длина буфера
12	BYTE*4	LAN_IP_MY	Свой IP-адрес
16	BYTE*4	LAN_IP_REMOTE	IP-адрес партнёра
20	BYTE*6	LAN_MAC_MY	Свой MAC-адрес
26	BYTE*6	LAN_MAC_MY	MAC-адрес партнёра
32	BYTE	LAN_BANK	Служебные данные
33	WORD	LAN_RXDPT	Указатель чтения внутреннего буфера контроллера
35	WORD	LAN_RXSTATUS	Результат операции чтения
37	WORD	LAN_UPD_DATA	Данные для записи в регистры
39	WORD	LAN_PORT_MY	Свой порт
41	WORD	LAN_PORT_REMOTE	Порт партнёра
43	BYTE	LAN_PROTOCOL	Тип протокола
44	BYTE	LAN_MAIN_RQST	Флаг требования обработки пакета
45	BYTE*4	-	Зарезервировано

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Таблица 34

Команда	Индекс	Описание	Возвращаемое значение	Прошивка
48	0	Инициализация адаптера Ethernet на стандартные настройки	-	
49	1	Инициализация адаптера Ethernet на настройки банка данных	-	
50	2	Копировать данные из ОЗУ эмулятора во внутренний буфер	-	
51	3	Копировать данные из внутреннего буфера в ОЗУ эмулятора	-	
52	4	Прочитать значение ETH регистра	Значение регистра	
53	5	Прочитать значение MX регистра	Значение регистра	
54	6	Отправить Ethernet пакет из внутреннего буфера	Статус	
55	7	Прочитать Ethernet пакет во внутренний буфер	Статус	
56	8	Прочитать значения счётчика пакетов в очереди приёмника	Значение счётчика	
57	9	Записать данные в ETH регистр	-	
58	10	Прочитать PHY регистр	-	
59	11	Рассчитать IP CRC внутреннего буфера	-	
60	12	Сформировать IP-пакет внутреннего буфера	-	
61	13	Сформировать UDP-пакет внутреннего буфера	-	
62	14	Сформировать ARP-ответ по запросу внутреннего буфера	-	
63	15	Сформировать Ethernet-пакет	-	
64	16	Получить тип принятого пакета	Тип пакета	
65	17	Прочитать значение регистра ESTAT	Значение регистра	
66	18	Обработать очередь входящих пакетов	Результат	
67	19	Отправить байт данных в сетевой интерфейс консоли	Результат	
68	20	Отправить байт данных в сетевой интерфейс канала PUNCH/READER	Результат	
69	21	Отправить загруженный буфер по UDP	Результат	4.58
70	22	Удалить заголовок UDP-пакета	-	4.58

— обрабатывает пакеты канала PUNCH/READER, полученные данные сохраняются в буфере;

— при получении пакета, который требует обработки сервером, указанным в банке данных контроллера, пакет считывается во внутренний буфер, устанавливается флаг запроса обработки, и обработка останавливается до снятия этого флага прикладной программой.

Аналогичную обработку можно выполнить и в ручном режиме, используя соответствующие команды, но при этом надо будет организовать всю процедуру обработки пакетов на уровне прикладного приложения.

Если в настройках какого-то IOBYTE установлен канал LAN как входящий, при каждом вызове соответствующей функции CONIN или READER будет вызываться обработчик очереди входящих пакетов. Если активен обмен на уровне клиентского приложения, т. е. настроены адреса и порт партнёра, оно обязано как минимум проверять флаг запроса обработки и снимать его, в противном случае входящие пакеты не будут обработаны и будут потеряны при переполнении входного буфера. При окончании работы рекомендуется адрес партнёра установить в 0.0.0.0, что будет обозначать отсутствие настройки, и пакеты будут игнорированы.

Контроллер поддерживает обработку ARP-пакетов как исходящих для запроса адреса партнёра (только прикладного обмена), так и формирует ответы на входящие запросы. Но для оптимизации скорости работы рекомендуется заранее прописать ARP-таблицы компьютеров, с которыми предполагается обмен данными, а в фильтрах микросхемы контроллера запретить приём широковещательных пакетов.

Работа со стеком TCP/IP на уровне стандартных функций отсутствует, но может быть реализована на уровне прикладной программы. Исходящий буфер содержит полный Ethernet-фрейм для отправки, поэтому можно записать туда любой нужный пакет и выполнить вручную команду отправки пакета. Для упрощения работы есть специальная команда расчёта контрольной суммы буфера. Возможно, что в будущих версиях прошивки формирование TCP-пакетов и работа со стеком TCP/IP будут реализованы на уровне стандартных функций.

В статье описаны лишь общие принципы работы, в случае, если будет необходима дополнительная информация по использованию интерфейса Ethernet, примеры реализации, пишите запросы на адрес редакции, комментарии будут опубликованы в очередном номере журнала и по адресу **http://criss.radio.ru** на страничке проекта в Интернет.

Вообще, опыт практической работы показал, что для реализации полноценного устройства, работающего в сети, желательно добавить промежуточный между ЦПУ и контроллером LAN микроконтроллер, который обрабатывал бы поток широковещательных сообщений, обеспечивал бы обмен ARP-сообщениями, ICMP (команда ping), фильтровал бы потоки данных между каналами сервера, PUNCH/READER, прикладной программы и решал бы прочие вспомогательные задачи коммуникационного обмена.

Работа с прерываниями

На уровне эмулятора реализована работа с прерываниями, в текущей версии она находится в режиме тестирования.

Поддерживаемые типы прерываний описаны в **табл. 35**. Прерывания могут формироваться КВУ, внешними устройствами, внутренними интерфейсами МК ЦПУ. Прерывания на уровне эмулятора можно разрешить или запретить через специальные флаги из банка общего доступа INT_MASK*. Кроме этого, прерывания должны быть настроены на уровне интерфейсных устройств, а КВУ имеет свой флаг разрешения прерываний, который соответствует по структуре байту 0 флага INT_MASK.

Рассмотрим структуру процесса управления прерываниями подробнее.

На уровне МК ЦПУ. Прерывания всегда разрешены, обрабатываются прерывания RXC1, UDRE1, PCINT3. Обработчик прерываний устанавливает соответствующий флаг в регистре GPIOR0. В случае регистрации прерывания PCINT3 обработчик проверяет состояние аппаратных входов сигналов прерывания от ЧРВ, контроллера Ethernet и КВУ (порты PD6, PD7, PD0 DD1) и устанавливает соответствующий флаг в 1 при обнаружении низкого уровня сигнала.

При следующем вызове команды эмулятора Z80 вместо команды исполняется специальный блок обработки запроса прерывания, который проверяет состояние флагов прерываний GPIOR0 и GPIOR1 (считывается из регистра флага прерываний КВУ), накладывает маску разрешений INT_MASK, при наличии разрешённых прерываний передаёт управление по соответствующему адресу эмулятора. Сначала обрабатываются все запросы от КВУ, затем от других источников. Команды RETI и RETN возвращают управление обработчику прерываний для обработки следующего прерывания в очереди. После того как все команды выполнены, управление возвращается эмулятору с того адреса, где произошёл перехват управления. Если обработчик прерываний на уровне эмулятора завершается командой простого RET, обработка очереди будет остановлена до прихода нового аппаратного сигнала на прерывание.

Немного теории. Процессор Z80 имеет три режима прерываний: два совместимых с процессором 8080 (IM0 и IM1) и один свой "фирменный" (IM2). В эмуляторе КРИСС обработчик имеет несколько ограничений, которые следует учитывать. Обработчик прерываний использует настройки векторов прерываний, настраиваемых через системную консоль и хранящихся в ПЗУ ЧРВ.

Режим IM0 работает так, что устройство, инициировавшее прерывание, выставляет на шине данных команду для выполнения процессором. В структуре команд Z80 для этих целей зарезервированы однобайтные команды RST xx, которые фактически являются вызовом подпрограмм по соответствующим адресам, но теоретически команда может быть любой, в том числе с опкодами. В КРИСС вариант с опкодами не поддерживается. Команда для выполнения берётся из таблицы настроек векторов прерываний.

Режим IM1 — самый простой, он эквивалентен команде CALL 0x38, вне зависимости от источника прерываний.

Режим IM2 — самый интересный: устройство, инициировавшее запрос на прерывание, выставляет на шину данных вектор прерываний V, при этом сам адрес берётся из таблицы векторов переходов в ОЗУ эмулятора по адресу I:V, где I — значение регистра I (см. команду LD I, A). Таким образом, может обслуживаться до 128 устройств на шине с гибкой настройкой физического расположения программных обработчиков, это крайне эффективное решение по соотношению простота/функциональность. В КРИСС режим IM2 поддерживается полноценно, значение V берётся из таблицы настройки системной консоли. Скорее всего, в будущих версиях адреса будут стандартизованы, и появится возможность задавать их программно.

Таблица 35

Название	Мнемоника	Индекс
Ввод символа с клавиатуры	IRQ_V_KBD	0/0
Окончание обратного отсчёта счётчика	IRQ_V_CTC	0/2
Окончание проигрывания фрагмента мелодии	IRQ_V_MUS	0/3
Отправка символа по RS-232 завершена	IRQ_V_CTX	0/6
Принят символ по RS-232	IRQ_V_CRX	0/7
Прерывание от контроллера Ethernet	IRQ_V_LAN	1/0
Прерывание от ЧРВ	IRQ_V_RTC	1/2
Отправка символа по TTY UART завершена	IRQ_V_TTX	1/6
Принят символ по TTY UART	IRQ_V_TRX	1/7

IM0 и IM2 используют одинаковые настройки, но в реальной жизни на микропроцессорах Z80 режим IM1 применялся крайне редко, обычно это были IM0 для простых устройств и IM2 для остальных.

Если для устройства в таблице векторов прерываний указано значение 0xDD, это признак немаскируемого прерывания NMI, которое будет обработано вне зависимости от флага разрешений и разрешения прерываний эмулятора. Обработка NMI эквивалентна вызову подпрограммы по адресу 0x66.

Расширения стандартного набора команд

Для повышения эффективности работы компьютера стандартный набор команд расширен рядом дополнительных, кроме этого, управляющий порт 0xFF обеспечивает исполнение ряда команд для доступа к системным ресурсам МК ЦПУ.

Добавленные команды синтаксиса ассемблера Z80 (префикс ED):

— BIOS 0—BIOS 38, 0xED 0x00—0xED 0x26 — вызов функции BIOS соответствующего номера;

— BDOS, 0xED 0x27 — вызов функции BDOS, эквивалентно CALL 0005H в среде CP/M;

— MUL, 0xED 0x77 — целочисленное умножение, выполняется операция HL*A, результат от умножения возвращается в регистрах A:HL, флаг Z установлен, если HL==0, флаг C установлен, если A!=0;

— DIV, 0xED 0x7F — целочисленное деление, выполняется операция HL/A, результат от деления помещается в HL, остаток от деления — в A, флаг Z установлен, если HL==0;

— FL32 0, 0xED 0xA4 — операция с плавающей точкой, сумма, выполняется сложение двух четырёхбайтных FLOAT-чисел, расположенных в памяти по адресу (HL) и (BC), результат будет сохранён по адресу (HL);

— FL32 1, 0xED 0xA4 — операция с плавающей точкой, вычитание, порядок выполнения аналогичен FL32 0;

— FL32 2, 0xED 0xA4 — операция с плавающей точкой, умножение, порядок выполнения аналогичен FL32 0;

— FL32 3, 0xED 0xA4 — операция с плавающей точкой, деление, порядок выполнения аналогичен FL32 0.

Для доступа к командам операций с плавающей точкой можно использовать управляющий порт 0xFF и блок переменных в банке общего доступа с адреса 51, структура которого представлена в **табл. 36**. После записи значений необходимо в порт 0xFF записать команду 0—3, которая соответствует индексу команды FL32, и считать результат обработки.

Таблица 36

Смещение	Тип данных	Мнемоника	Описание
51	BYTE	FLIB_CMD	Код выполняемой команды: 0 — сложение, 1 — вычитание, 2 — умножение, 3 — деление
52	FLOAT4	FLOATDATA1	операнд 1
56	FLOAT4	FLOATDATA2	операнд 2
60	FLOAT4	FLOATDATA3	результат

Для доступа к регистрам МК ЦПУ служит команда 32 порта управления 0xFF. Для чтения регистра с адресом в RAM, равным (AA), необходимо последовательно записать в порт 0xFF значения 32 и AA, после чего прочитать из порта 0xFF значение соответствующего регистра. Для чтения шестнадцатибитного регистра необходимо выполнить две аналогичные операции для младшего и старшего байтов.

Таймеры

В КРИСС из прикладных программ доступны два таймера с тактом 10 мс: СТС-таймер обратного отсчёта КВУ,

управляемый через порт таймера КВУ, и автоматически увеличивающаяся на единицу однобайтная переменная в блоке общего доступа с индексом 86.

Дополнительно через управляющий порт 0xFF доступен таймер задержки, который формирует задержку в миллисекундах заданной продолжительности. На время задержки работа эмулятора приостанавливается.

Внешнее управление, мониторинг, отладка

КРИСС имеет богатый набор инструментов для удалённого управления, мониторинга и отладки программ, в том числе для адаптации программ к режиму совместимости.

ОС CP/M по определению — консольная система, поэтому все операции ввода и вывода проходят через специальные функции ОС CONIN и CONOUT. В системе имеется внутренний байт настройки параметров ввода/вывода, который позволяет настроить интерфейсы ввода/вывода, причём их может быть несколько. Поддерживаются каналы стандартного ввода/вывода через клавиатуру и VGA-контроллер, работа через последовательные порты LST (порт принтера КВУ), TTY UART МК ЦПУ, интерфейса LAN Ethernet. Включить/выключить каналы ввода/вывода можно через системную консоль и программно из прикладных программ через банк общего доступа, индекс переменной 1. Эта функция может быть использована как для управления, так и для удалённого мониторинга. Например, за учениками в учебном классе.

Для функций контроля работы и отладки предусмотрены функции встроенного отладчика, который выводит служебную информацию в канал TTY UART на лицевой панели устройства. Настройки отладчика управляются через системную панель, раздел U = DEBUG. Доступны следующие опции:

— контроль попытки работать с портами на уровне эмулятора Z80;

— контроль вызова функций БДОС — номер и аргументы вызова функции БДОС, адрес, откуда был вызов;

— контроль вызова функций БИОС — номер и аргументы вызова функции БИОС, адрес, откуда был вызов;

— контроль доступа к SD-карте через БИОС — номер физического сектора;

— контроль кодов символов, выводимых через БИОС, — выводит коды символов;

— контроль принятых прерываний — факт отработки прерываний и состояние флагов GPIOR0.

Для вывода отладочной информации используется канал UART, настройки канала: скорость передачи данных 115200, 8 бит данных, 1 стоп-бит, без контроля чётности. Эти возможности позволяют, в том числе, адаптировать программы к КРИСС, кратко это уже обсудили в разделе про русификацию программ. При выводе адреса выводятся два значения: адрес в программе и адрес в исполняемом файле с учётом сдвига на 0x0100 (стандартный адрес загрузки программ в CP/M).

Дополнительно предусмотрена работа программ в режиме отладки (Z80 DEBUG), которая добавлена в тестовом режиме, начиная с версии прошивки 4.55.

Структура внутренних протоколов

В этом разделе описаны все внутренние протоколы, используемые при коммуникациях между микроконтроллерами на плате и для системного программирования.

Управляющие последовательности для КВУ

Сброс и перезапуск КВУ.

Канал 6 диспетчера SPI подключён к выводу /RESET контроллера КВУ. Для перезагрузки КВУ во время работы необходимо:

— активировать канал 6 SPI на 1 мс, для чего можно отправить любую посылку через стандартный интерфейс прямой работы с SPI-устройствами;

— выдержать паузу не менее 10 мс для реинициализации КВУ;

— отправить по SPI на КВУ команду старта 0x80;

— выдержать паузу не менее 100 мс для инициализации КВУ;

— отправить по SPI на КВУ синхронизирующую последовательность не менее 20 байт 0x80.

Запись символа для вывода на экран. Формат SPI-пакета:

— адрес в ОЗУ в пространстве 0xF800—0xFFDO, старший байт;

— адрес в ОЗУ в пространстве 0xF800—0xFFDO, младший байт;

— байт для отображения на экране.

Запись в порт КВУ. Формат SPI-пакета:

— адрес в формате 01nnnnnn, где nnnnn — номер порта от 0;

— байт для записи.

Чтение из порта КВУ. Формат SPI-пакета:

— адрес в формате 00nnnnnn, где nnnnn — номер порта от 0;

— задержка 2 мкс;

— 0xFF для чтения значения.

Формат обмена при внутрисистемном программировании

Внутрисистемное программирование осуществляется через внутренний интерфейс UART, не имеющий внешнего разъёма. Настройка порта: скорость — 57600 бод, 8 бит данных, 1 стоп-бит, без проверки чётности. Такой, на первый взгляд, неудобный метод программирования выбран с учётом того, что основной UART при применении в системах управления, как правило, подключён. Если не хочется постоянно разбирать корпус для обновлений, можно выводы коннектора вывести вниз платы и сделать отверстие в нижней части корпуса. Если нет переходника UART, но есть RS-232, то для преобразования уровней можно использовать второй канал микросхемы DD7, для этого специально предусмотрен внутренний разъём XP6.

Порядок программирования и обмена следующий:

— МК после инициализации посылает ‹R› — готовность к приёму;

— программатор с задержкой не более 200 мс отправляет адрес назначения ‹0›—‹6›, где 0 — МК ЦПУ, программная память, "нижние" 64 кБ, 1 — МК ЦПУ, программная память, "верхние" 64 кБ, 2 — МК ЦПУ, EEPROM, 3 — МК КВУ, программная память, 4 — МК КВУ, EEPROM, 5 — МК ВК, программная память, 6 — МК ВК, EEPROM;

— МК возвращает сигнал подтверждения ‹A›;

— программатор отправляет номер страницы данных для записи;

— МК возвращает сигнал подтверждения 0xFF;

— программатор побайтно отправляет страницу данных, размер страницы данных 256 байт для программной памяти МК ЦПУ, 128 байт для остальных приёмников, МК возвращает эхо на каждый переданный байт данных;

— МК возвращает признак начала записи ‹W›;

— программатор ожидает окончание записи;

— МК возвращает признак конца записи ‹C›;

— процедура повторяется для следующего блока данных;

— по выходу из программы загрузки МК отправляет квитанцию завершения обработки ‹Q›.

В рамках одной сессии могут быть запрограммированы любые блоки памяти в любом порядке.

ЛИТЕРАТУРА

6. CP/NET — Network Operating System — Reference Manual (5 ed.). Digital Research. November, 1982 (1980).

***От редакции**. Основные справочные сведения, касающиеся системных настроек, будут обновляться и публиковаться на сайте журнала **http://criss.radio.ru** на страничке проекта. По вопросам применения тех или иных программных или аппаратных инструментов, примеров реализации конкретных задач — пишите на адрес редакции **mail@radio.ru**, на все вопросы будут даны ответы на страницах журнала или на сайте проекта.*

Участвуйте в развитии проекта, делитесь опытом адаптации ПО, присылайте программы для размещения на сайте, пишите свои программы с учётом имеющихся возможностей. Предлагайте пути повышения производительности и расширения возможностей, создавайте улучшенные или альтернативные версии компьютера. Все обращения будут внимательно изучены, лучшие — опубликованы на страницах журнала.

(Окончание следует)

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО о связи
E-mail: mail@radio.ru
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

"Старый Новый год 2021" — итоги

В этих соревнованиях, по сравнению с другими, проводимыми редакцией совместно с Союзом радиолюбителей России, обычно принимают участие наибольшее число спортсменов. В этом году в соревнованиях "Старый Новый год" участвовало более 600 спортсменов.

В группе участников "один оператор CW HIGH" лучшим стал Милен Димов (Milen Dimov, LZ5R) из г. Пловдива, Болгария. Виктор Яровой (UW1M) из г. Лисичанска Луганской обл., Украина, занял второе место. На третье место в этой группе вышел Юрий Куриный (RG9A) из г. Челябинска.

Олег Усов (R8CT) из г. Екатеринбурга показал лучший результат в группе "один оператор CW LOW", в прошлогодних соревнованиях он был вторым. На второе место в этой группе вышел москвич Олег Путков (RK3AW). Третье место здесь занял Олег Гренинг (4U1A) из г. Вены, Австрия.

В группе "один оператор SSB HIGH" на первое место вышел Олег Шевцов (R9HW) из г. Томска. Виктор Лукин (RU9CC) из г. Каменск-Уральского Свердловской обл. занял второе место. На третьем месте в этой группе — Павел Мальцев (RA3OA) из г. Воронежа.

Владимир Щербаков (RA3Y) из пос. Супонево Брянской обл. был лучшим в группе "один оператор SSB LOW". Александр Сидоров (R9HAV) из с. Усть-Тым Томской обл. — на втором месте. Третьим в этой группе оказался Алексей Молчанов (R3DCB) из г. Королёва Московской обл.

Павел Нетиков (RA6CA) из ст. Крыловской Краснодарского края занял первое место в самой серьёзной группе соревнующихся — "один оператор MIXED HIGH". На втором месте в этой группе, как и в предыдущие четыре года, — Виктор Кондратьев (UA6CC) из станицы Старовеличковской Краснодарского края. Он провёл всего на две связи меньше победителя этой группы. На третьем месте — Евгений Даниэльян (RM6C) из г. Воронежа.

В группе "один оператор MIXED LOW" первое место занял Гедиминас Лучинскас (Gediminas Lucinskas, LY9A) из г. Биржай, Литва, который в прошлом году был в этой группе вторым. Вторым здесь был Алеко Иглев (Aleko Iglev, LZ5I) из с. Коприника, Болгария. На третье место вышел Миндаугас Юкна (Mindaugas Jukna, LY4L) из г. Рингаудай, Литва.

В ветеранской группе "50 и более HIGH" вновь, как и в предыдущие четыре года, победил Юрий Котельников (RT9S) из пос. Энергетик Оренбургской обл. На второе место вышел Николай Куприн (R3KM) из пос. Рамонь Воронежской обл. Третье место занял Юрий Буслов (EW8DX) из г. Гомеля, Беларусь.

А в группе "50 и более LOW" победу, как и в предыдущие два года, одержал Сергей Сергеев (R7MM) из г. Таганрога Ростовской обл. Второе место здесь занял Геннадий Верещагин (R7MC) из г. Шахты Ростовской обл. На третьем месте — Александр Новочихин (UA3QAM) из г. Семилуки Воронежской обл.

Олег Усов (R8CT), показавший лучший результат в группе SINGLE-OP- CW, и его антенна.

В группе "несколько операторов HIGH" первое место, как и в предыдущие четыре года, заняла команда UA4M из г. Димитровграда Ульяновской обл., в которой принимали участие Владимир Рябов (RA4LW), Алексей Федотов (RU4LM), Александр Клюкин (RU4HP), Алексей Глушенков (UA4LCH) и Виталий Афанасьев

(RN4WA). На второе место вышла команда коллективной радиостанции Челябинского радиотехникума RA9A, в которой выступали Руслан Веричев (RK9A), Александр Коннов (RL9A) и Олег Черников (UC9A). В прошлом году они заняли в этой группе третье место. На третьем месте в этой группе — команда RA5G из с. Косыревки Липецкой обл. в составе Дмитрия Коленчука (R3GM), Вадима Крыжановского (RN3GQ) и Анастасии Ушаковой (R5GR).

Как и в предыдущие пять лет(!), первое место в группе "несколько операторов LOW" заняла команда коллективной радиостанции RK4W ДДиЮТ из г. Ижевска. В неё входили Алексей Шмыков (UA4WI), Алексей Галичанин (UA4WAU) и Владимир Кузнецов (RW4WA). На втором месте — команда UA1F из г. Мурино Ленинградской обл., в которой участвовали Мирослав Демченко и Василий Протацкий. А на третьем месте — команда коллективной радиостанции RD8U из пгт Яя Кемеровской обл. В этих соревнованиях в составе команды принимали участие Ариадна Курбатова, Александр Яковченко, Виктория Харченко (UB9UXJ) и Виктор Сидельцев (RZ9UF).

В этом году лучшим среди наблюдателей оказался Александр Столяр (R3A-107) из Москвы. На втором месте — Евгений Пашанин (UA3123SWL) из г. Арзамаса Нижегородской обл., на третьем — Роман Назаров (R0L-45) из Приморского края.

Спортсмены, занявшие вторые и третьи места в группах, будут отмечены контест-дипломами редакции журнала "Радио", а победители (первые места по группам) получат памятные медали (радиостанции с одним оператором) или плакетки (радиостанции с несколькими операторами). Результаты, показанные лидерами в этих соревнованиях, приведены в **таблице**: место, позывной, число связей, итоговый результат. Эти же данные для всех участников размещены по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/ony_2021_tab_site.pdf** на сайте журнала.

SINGLE-OP CW HIGH

1	LZ5R	671	69464
2	UW1M	573	58633
3	RG9A	533	55421
4	LY6A	520	53357
5	EU8U	480	49661
6	R7AW	473	49492
7	RA1AL	476	49106
8	RK9AX	479	49067
9	R3EG	450	46766
10	UR7GO	432	45185

SINGLE-OP CW LOW

1	R8CT	463	47924
2	RK3AW	410	42586
3	4U1A	398	41807
4	RW4S	378	39000
5	UR7MZ	374	38515
6	RA3AN	376	38228
7	RC9A	362	37436
8	RW4W	343	35561
9	RM5F	341	35011
10	R3QA	342	34959

SINGLE-OP SSB HIGH

1	R9HW	276	26274
2	RU9CC	275	26053
3	RA3OA	273	25526
4	RM4HZ	255	23809
5	RC5Z	224	21544
6	R3GZ	206	19604
7	UA9URI	179	16804
8	UA0SU	177	16711
9	RT1S	138	13000
10	RN3B	134	12916

SINGLE-OP SSB LOW

1	RA3Y	247	23586
2	R9HAV	224	20969
3	R3DCB	198	19233
4	R9YBW	200	18762
5	R5RC	186	18041
6	UA3BL	185	18023
7	R3TE	163	15556
8	R1CAM	159	15083
9	RW3S	153	14625
10	RV7M	150	14543

SINGLE-OP MIXED HIGH

1	RA6CA	600	60587
2	UA6CC	598	60282
3	RM6C	591	59687
4	RX9SN	530	53050
5	YT4W	441	45006
6	RC6U	420	42384
7	RT4M	390	40330
8	UC0A	365	37348
9	R6KA	356	36491
10	RZ9L	352	36321

SINGLE-OP MIXED LOW

1	LY9A	501	51004
2	LZ5I	473	48161
3	LY4L	455	46461
4	RL4A	399	40571
5	UX1VT	383	39589
6	RT4W	319	33148
7	UA9R	304	30416
8	RT4P	284	28966
9	UX3I	283	28489
10	UY2IG	271	27714

SINGLE-OP 50 HIGH

1	RT9S	424	43720
2	R3KM	410	41336
3	EW8DX	391	40246
4	RK3T	377	38820
5	RU6AV	362	37249
6	EW8OM	359	36624
7	R3EA	326	33078
8	RC1W	309	31438
9	UA0SR	261	26131
10	R0AA	257	25500

SINGLE-OP 50 LOW

1	R7MM	366	37371
2	R7MC	353	35831
3	UA3QAM	279	28747
4	UA3TW	277	28119
5	RD1T	261	26665
6	R3VL	238	24395
7	YL2CV	211	21790
8	EW8G	198	20314
9	RN4AO	193	19971
10	RK6HG	191	19592

MULTI-OP HIGH

1	UA4M	932	94050
2	RA9A	601	60822
3	RA5G	561	56751
4	RT2C	486	49239
5	RK9M	382	39711
6	RK9CYA	401	39241
7	RN9T	352	35361
8	RO9T	177	16896
9	RA8T	65	6003

MULTI-OP LOW

1	RK4W	528	53736
2	UA1F	285	29032
3	RD8U	227	21135
4	RK4HYT	206	20371
5	R3MAI	176	18128
6	RN5X	172	17334
7	RC0L	134	13542
8	R9WXK	140	13241
9	RM3X	110	10691
10	R9QQ	101	9844

CHECKLOG

1	LY2BAA	40	0
2	LZ1MC	68	0
3	R5QA	5	0
4	RA1ANM	38	0
5	R4MA	19	0
6	RA1QD	38	0
7	RA3AL/M	15	0
8	UA1AUW	116	0
9	RK3MXT	77	0
10	UB0AZR	3	0

SWL

1	R3A-107	124	13042
2	UA3123SWL	89	9121
3	R0L-45	30	2990
4	US-Q-2115	31	2951

Юбилейные воспоминания

Александр БОРЗЕНКОВ (YL2AG), г. Рига, Латвия

В августе 1990 г. Валерий Бессарабенко (UA0QBB) приехал в Ригу. Встретились в радиоклубе я (YL2AG), Валера (UA0QBB) и Саша Уржумцев (RG5A). Братские объятия, ведь знакомы много лет.

Валера сразу приступил к делу: "Ребята, сколько можно быть в TOP 6 различных контестов, пора становиться чемпионами. Я приглашаю Вас на один из значимых контестов ко мне в Якутск UZ0QWA". Дело в том, что с антеннами и выходными каскадами было всё в порядке, а с контестменами не очень.

Мы собрались на коллективке YL1WW ex UQ1GWW, надо было посоветоваться с нашим лидером Валерой (YL3CW). Поняли, что нам троим это не одолеть. Пригласили ребят с YL1ZW. Они дали согласие. Ну, и куда же без Романа (3W3RR). На CQWW не успевали, решили — на CQ WPX SSB.

Спонсор у нас был отличный — завод "Радиотехника". Получили лицензию 4J0Q и в середине марта 1991 г. из Домодедово вылетели в Якутск. Команда состояла из шести человек: Валера (YL3CW), Юрис (YL2GM), Саша (RG5A), Гиртс (UQ2GKL), Олег (YL9W) и я (YL2AG).

Якутск, солнечный морозный день, около –20 градусов по Цельсию. Возле трапа самолёта нас встречала целая команда UZ0QWA, человек десять. Расселись по машинам и отправились на главную коллективку Якутии.

Ребята нас встретили очень радушно. Стол ломился от всяких якутских лакомств. Впервые попробовал строганину — полный отпад.

Через пару дней подлетели Рома (3W3RR) и Николай, мой учитель на КВ (UV3GZ). Ребята с YL1ZW привезли с собой трансивер ICOM-751 и компьютер. Надо было всё подключить и опробовать с местной аппаратурой. Прохождение великолепное, на 28 МГц в десять часов вечера американцев, как в бочке селёдки. Неделю до контеста работали UZ0QWA, изучали местный эфир и, конечно, знакомились с городом. Температура от –2 градусов до –30 градусов ночью.

А в это время американцы, человек 15—18, поехали на остров Аруба P40V выигрывать чемпионат. За два дня до начала контеста — полный отдых, ни грамма в рот и т. д.

Начало контеста, pile up страшный, по 400—500 связей в час. На мониторе — связей, как полноводная река. В первые сутки работали только на диапазонах 28 и 21 МГц. Я работал на втором месте, брал только множитель. К концу первого дня говорю ребятам, что P40V на 400 QSO меньше, чем у нас. Настроение у всех поднялось. Какие-то латыши и русские делают американцев по полной программе.

Слева—направо: верхний ряд — Олег Острожигалло (UQ2GID), Гиртс Будис (YL2KL), Василий Комзин (UA0QCA), Александр Борзенков (YL2AG), Николай Холодков (UV3GZ); средний ряд — Роман Степаненко (3W3RR), Юрис Петерсонс (YL2GM), Валерий Бессарабенко (UA0QBB); нижний ряд — Александр Уржумцев (UQ2-037-116), Владимир Фролов (UA0QDL), Михаил Тижовкин (UA0QBN), Валерий Синцов (YL3CW); лежит — Михаил Корнилов (UA0-098-113).

В ночь на вторые сутки случилось то, чего не ожидал никто. Ударила "Аврора", верхние диапазоны закрылись. Ситуация скверная, пришлось уходить на диапазон 14 МГц и ниже. Но нет худа без добра. Европа почти вся не отработана, а там множителей хоть пруд пруди. Всё-таки пять элементов на 14 МГц — это вещь. Темп, конечно, снизился, но множителей полный океан.

В итоге отработано 5104 QSO, множитель 971 и 10987836 очков. Впервые в мире в WPX-контесте мы перемахнули планку в 10 млн очков. Простые латвийские и русские радиолюбители надрали уши американцам. Не надо ставить себя выше других. В мире радиоспорта мастеров хватает.

После окончания контеста мы были в Якутске ещё дней десять. Работали позывным 4J0Q, ведь многие не отработали этот позывной. Прощались с прекрасными радиолюбителями г. Якутска отлично. Как загружали в самолёт — не помню.

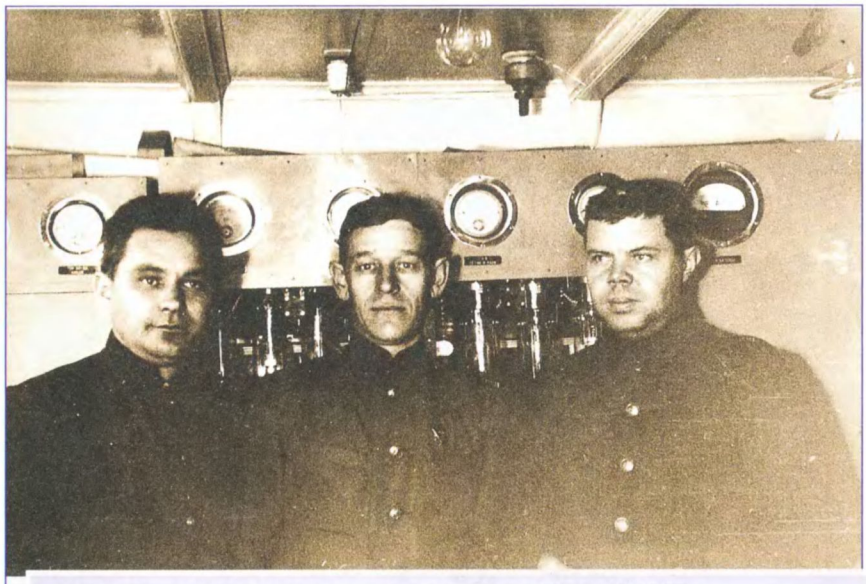
Очень БОЛЬШАЯ благодарность Валерию Бессарабенко UA0QBB nw R6FB за всё, что сделал для нас!

Всем удачи!

Короткие волны в Арктике. Начало

Михаил КАВЕРИН (RW3FS), г. Реутов Московской обл.

В статье **Г. Члиянца** "Василий Денисов — первый коротковолновик Сибири" [1] я обратил внимание на такой фрагмент: "В 1926 г. из-за материальных затруднений Василий Денисов был вынужден поступить на службу в Карскую экспедицию заведующим радио. Целью экспедиции была постановка опытов коротковолновой маломощной передачи для суждения об изменении слышимости в зависимости от расстояния. Для этого на пароход "Казанец" был установлен коротковолновый передатчик, который Василий Григорьевич построил в середине 1925 г.". Такая трактовка целей Карской экспедиции просто обескуражила. Чего только ни напишут в Википедии. Карские экспедиции конца двадцатых годов были морскими товарообменными операциями между промышленными районами бассейнов рек Оби, Енисея и европейскими государствами. Был и научный аспект у этих экспедиций. На судах морской части экспедиции проводились работы по гидрографии, гидрологии, гидробиологии, метеонаблюдения. В результате этих работ была создана лоция Карского моря.



Высокоширотная экспедиция на пароходе "Садко" 1935 г. Радисты (слева—направо) А. А. Михайлов, Е. Н. Гиршевич, С. А. Иванов.

Пароход "Казанец", о котором идёт речь, представлял собой двухпалубное грузопассажирское судно речного класса с двумя гребными колёсами. Во время навигации на Иртыше и Оби он курсировал между городами Тобольском и Обдорском (Салехард). В период проведения Карских экспедиций в 1925 г. и 1926 гг. был зафрахтован и использовался как буксир для барж на маршруте Омск—Новый Порт в Обской губе и обратно. Согласно дневников движения Карской экспедиции Комсеверпути 1926 г. [2], "Казанец" встал под погрузку в Омске 22 июля 1926 г., а 16 августа прибыл в Новый Порт. 23 сентября 1926 г. он начал движение в обратном направлении и 22 октября был возвращён Сибирскому государственному пароходству. Получается, что пароход "Казанец" находился в Новом Порту больше месяца. Новый Порт находится на 68 градусе северной широты, и по определению это уже Арктика.

В докладе Комсеверпути о Карской экспедиции 1926 г. [3], в разделе, посвящённом радиосвязи экспедиции, нет упоминаний о коротких волнах. Радиосвязь экспедиции осуществлялась на длинных волнах через радиостанции Убеко-Севера (Управление по обеспечению безопасности кораблевождения на северных морях) на побережьях Баренцева и Карского морей для морских судов и через радиостанции НКПиТ (Народный комиссариат почт и телеграфов) для речных судов. Все сообщения шли в то время по цепочке, от одной радиостанции к другой. Значит, опыты Денисова в программу экспедиции не входили и были его частной инициативой. Но кто-то должен был ему помогать в "суждении об изменении слышимости от расстояния". В статье [1] упоминаются связи с Омском и Томском. Кто были эти томские и омские коротковолновики, которые держали связь на коротких волнах с Денисовым во время движения "Казанца" по Оби? В документе [2], в колонке, относящейся к движущимся по Оби судам, обнаружилась такая запись: "29 августа установлено прямое соединение Новосибирск—Новый Порт". Эта запись свидетельствует о том, что связь была проведена в интересах экспедиции. С маломощной длинноволновой радиостанции "Казанца" такая связь была бы невозможна. Значит, это был коротковолновый передатчик Денисова! Первое практическое профессиональное применение коротких волн в Арктике!

Эрнст Кренкель привёз полученную от Нижегородской радиолаборатории коротковолновую радиостанцию на Новую Землю в октябре 1927 г. "для выяснения возможности применения коротковолновой связи в полярных странах" [4]. Об этом можно прочитать в его статьях, опубликованных в журналах "Радиофронт" № 2 за 1937 г., "Радио" № 12 за 1993 г., "Радио" № 9 за 1947 г., и книге. Противоречивое от статьи к статье повествование, с полукриминальной порой окраской! Самой честной является статья в журнале "Радио всем" № 1 за 1929 год. В ней Э. Кренкель пишет не только о себе, но и о тех людях, которые поддержали его эксперименты со связью на коротких волнах. Важный фрагмент из статьи: "Для суждения о пригодности коротких волн требовалась регулярная и ежедневная связь. Связь с отдельными и отдалёнными пунктами хотя и была интересна, но, в силу нерегулярности, не являлась показательной..." [4]. Э. Кренкелю необходимо было найти корреспондентов для регулярной и ежедневной связи. Первоначально у него была договорённость о проведении ежедневной связи только с Нижним Новгородом. Находясь в Архангельске, перед отправкой на полярную станцию "Маточкин Шар", Эрнст Теодорович посетил местную радиостанцию, знаменитую "Исакогорку". Там рассказал о своих планах по применению коротковолновой связи. Радисты "Исакогорки" с недоверием отнеслись к рассказам Э. Кренкеля, но, несмотря на это, к декабрю 1927 г. построили свою коротковолновую установку и включились в эксперимент. С января по июнь 1928 г. качество КВ-связи между Маточкиным Шаром и Архангельском было отличным. С Нижним Новгородом связь удавалась только в ноябре—декабре 1927 г. В январе 1928 г. начальник радиостанции острова Диксон А. А. Михайлов изготовил КВ-передатчик и тоже включил-

ся в эксперименты с Маточкиным Шаром. "Связь была так устойчива, что можно было приступить к приёму дневных сведений о погоде, которые направлялись далее на короткой волне в Архангельск. Большую услугу сослужила эта связь Диксону во время повреждения антенны искровой станции. Несколько суток связь держалась только на короткой волне" [4].

Передатчик А. А. Михайлова, который работал на длинных и коротких волнах, оказался настолько удачным, что его повторили многие радисты судов северной навигации и полярных станций. Александр Александрович Михайлов заслуживает отдельного рассказа.

В конце июля 1928 г. из Якутска по реке Лене отправилась экспедиция Академии наук на Новосибирские острова под руководством Н. В. Пинегина. Экспедиция имела только коротковолновый передатчик сорокаметрового диапазона. В начале ноября 1928 г. радиостанция на мысе Шалаурова, восточной оконечности Большого Ляховского острова, заработала. Радист — Владимир Васильевич Иванюк. "Выбор коротковолнового передатчика как средства связи в удалённой части Восточной Арктики оказался полностью оправданным". "По статистике того времени видно, что 1929—1930 гг. оказались переломными — позже этой даты коротковолновые передатчики стали главным средством связи в Российской Арктике" [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Члиянц Г.** Василий Денисов (R2WD) — первый коротковолновик Сибири. — Радио, 2020, № 12, с. 49—51.

2. Дневник движения Карской экспедиции Комсеверпути с 27 июля по 29 октября 1926 года. — РГАЭ, Фонд 9570, опись 1, единица хранения 257.

3. Доклад Комсеверпути о Карской экспедиции 1926 года. — РГАЭ, Фонд 9570, опись 1, единица хранения 226.

4. **Кренкель Э.** PGO. Маточкин Шар. — RA-QSO-RK СССР, 1929, № 1, с. 7 (приложение к журналу "Радио Всем", 1929, № 1).

5. **Ермолаев А. М., Дибнер В. Д.** Михаил Михайлович Ермолаев. Жизнь исследователя и учёного. — СПб.: Эпиграф, 2005, с. 90, 91.

Евгений Андреев (R1WA) — ещё один "нелегал" (1926—1927 гг.)

Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

Эта статья подготовлена по материалам книги Георгия Члиянца (UY5XE) и Бориса Степанова (RU3AX) "Листая старые "CallBook" и не только... (1925—1941)" (Львов, 2008, 304 с.) и по радиолюбительским журналам разных лет.

Благодаря помощи G4UZN и K8CX удалось уточнить позывной ещё одного нашего "нелегала" 1926—1927 гг.

QSL-карточка Евгения Андреева (R1WA).

В начале 1927 г. Евгений получает наблюдательский позывной RK-32. Летом 1928 г. он становится радистом

Учебная баркентина "Вега", 1928 год.

Им был молодой Евгений В. Андреев, который проживал в Новгородской губернии (пос. Малая Вишера, ул. Поперечная, 2).

Примечание.

Установить его отчество не представилось возможным. Видимо, вторая буква суффикса позывного была им взята по букве его отчества.

Приведённый на QSL позывной g5HS был очень активным в эфире тех лет. Этот позывной Ф. Лбов приводил в своих воспоминаниях. QSO между ними было проведено осенью 1925 г., а ранее g5HS, находясь в январе 1925 г. в Месопотамии, принимал сигналы R1FL, оператором которой был В. Петров [1].

учебного парусника — баркентины "Вега", которая совершает рейс вокруг Европы по маршруту Ленинград—Одесса. Поддерживает постоянную радиосвязь с "коллективкой" Губпрофсовета — RA63 (была расположена во Дворце Труда; позже — eu3KAC, как ЛСКВ), основными операторами которой были Николай Стромилов (36RW) [2] и Дмитрий Аралов (позже — eu3FD, U1AH). Одним из её операторов была и Людмила Шредер (впоследствии красноармеец, легендарная радистка радиостанции в заполярном селе Уэлен на Чукотке).

По возвращении домой Евгений получает позывной 35RB, а в начале ноября становится как eu3BC.

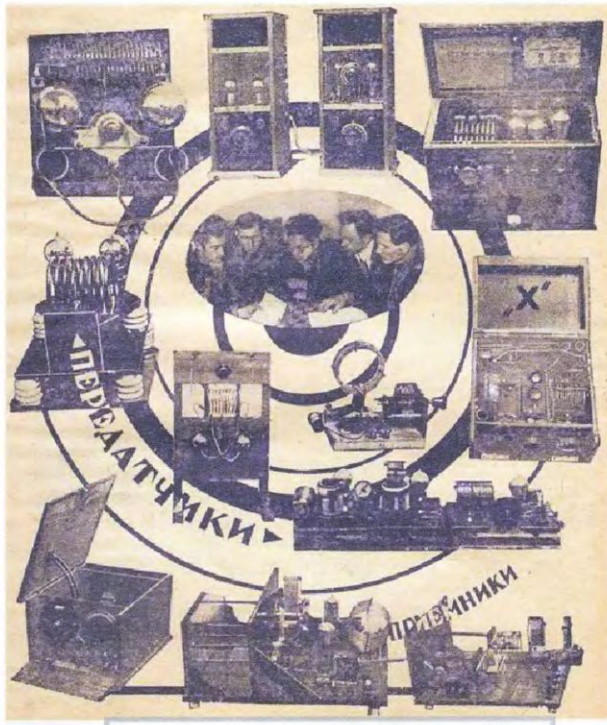
В конце декабря 1928 г. в составе делегации "eu3" он принимает участие в работе первой Всесоюзной конференции коротковолновиков и становится членом жюри выставки её участников, председателем которого был профессор М. А. Бонч-Бруевич (1888—1940 гг.).

Марка, выпущенная в 1981 г., с изображением баркентины "Вега".

Евгений Андреев (35RB), 1928 год.

На конференции присутствовали 116 делегатов из всех регионов страны, среди которых старше 35 лет было всего пять человек, моложе 19 лет — 7 человек, а большинству всего — 19—28 лет [3].

В начале 1929 г. Е. Андреев переезжает жить в Ленинград. Меняет позывной на eu3GS и уже в мае, по просьбе АН СССР и ЦСКВ, ЛСКВ посылает его в специальную экспедицию, в пустыню Каракумы. Вместе с ним выехал и дру-



Жюри выставки.

Делегация "eu3" (третий слева сидит коротковолновик из Германии Шеффель).

гой член ЛСКВ — В. М. Табульский (eu3AK, ранее — 68RA). Они работали позывными Xau2RS и Xau2ZA. Регулярная радиосвязь с внешним миром поддерживалась с помощью всё той же eu3KAC, которая была перенесена из Дворца Труда в яхт-клуб на Крестовский остров, где были идеальные условия радиоприёма.

Евгений Андреев регулярно приходил на eu3KAC, помогал молодым операторам осваивать телеграфную азбуку и правила работы в эфире.

Приведу интересный случай. Одной из молодых операторов eu3KAC была Берта Шор, которая, изучив в 1930 г. азы телеграфной азбуки, заключила с Евгением пари, что за декаду доведёт приём "морзянки" до 80 знаков в минуту. И выиграла его!

Примечание. Берта Шор в 1931 г. направлялась ЛСКВ дважды: весной — в Мурманск для обслуживания связью весенней путины, а осенью — в качестве радистки во время манёвров ПВО ЛВО.

Во второй половине 1933 г. Евгений Андреев получает позывной U1BM. К сожалению, дальнейшая радиолюбительская биография Е. В. Андреева неизвестна...

По вполне естественным причинам изложенный материал не может претендовать на право абсолютной исторической истины, но автор обработал доступные ему материалы.

eu3GS, начало 30-х годов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Члиянц Г.** R1FL — наш первый "нелегал". — Радио, 2019, № 9, с. 53—56.

2. **Члиянц Г.** Легендарный Николай Стромилов (UA3BN). — Радио, 2019, № 1, с. 49—51.

3. 1-я Всесоюзная конференция коротковолновиков. — CQ SKW USSR, 1929, № 2—3, с. 9—12 (приложение к журналу "Радио Всем", 1929, № 3).

Универсальный интерфейс для цифровых видов связи

Евгений АЛФЕРОВ (UA1NAN), г. Петрозаводск

Универсальный интерфейс предназначен для управления трансивером при проведении цифровых видов связи в стационарных и полевых условиях. В конструкции заложена возможность подключения к компьютеру по USB-кабелю и беспроводное соединение по Bluetooth на расстоянии до 10 м (Bluetooth class 2). Работа при беспроводном соединении, кроме очевидного удобства, позволяет в ряде случаев избавиться от помех и наводок по звуку и CAT-системе, часто встречающихся в ноутбуках. Универсальный интерфейс (**рис. 1**) состоит из двух частей — USB-блока и блока Bluetooth, которые могут работать независимо друг от друга.

Выбор режима работы USB или "Bluetooth" осуществляется переключателем SA1 (COMAX на четыре направления и два положения (**рис. 2**)). Второй режим обеспечивает работу CAT-системы трансивера с помощью модуля A2 и звука с помощью модуля A1. К компьютеру устройство подключено через USB-разъём. Разъём X1 служит для соединения с трансивером.

Блок USB состоит из USB-разветвителя A5, к которому подключены внешняя звуковая карта A3 и USB UART преобразователь A4 (**рис. 3**). Резисторы R4 и R5 служат для установки уровней входного и выходного звукового сигнала. Звуковая карта — внешняя звуковая USB-карта 5.1 (**рис. 4**) и UART преобразователь USB TO TTL FT232RL, потребляют не более 0,06 А и питаются по USB-шине. Свободные порты USB-разветвителя A5 можно использовать для подключения дополнительных USB-устройств — это опция, востребованная в современных ноутбуках. Чтобы не возникали программные проблемы со звуком, нежелательно применение внешних звуковых карт с управлением кнопками на корпусе, обычно это включение микрофона и регулировка

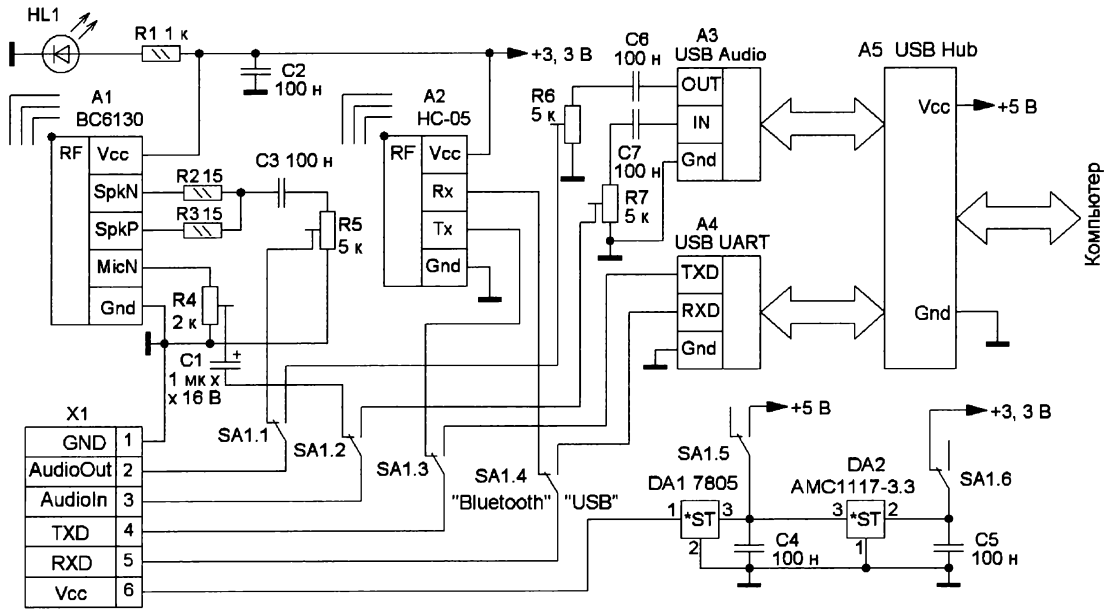


Рис. 1

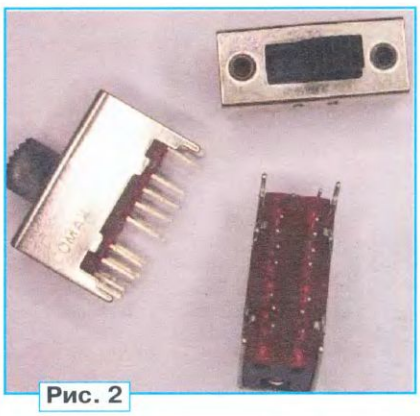


Рис. 2

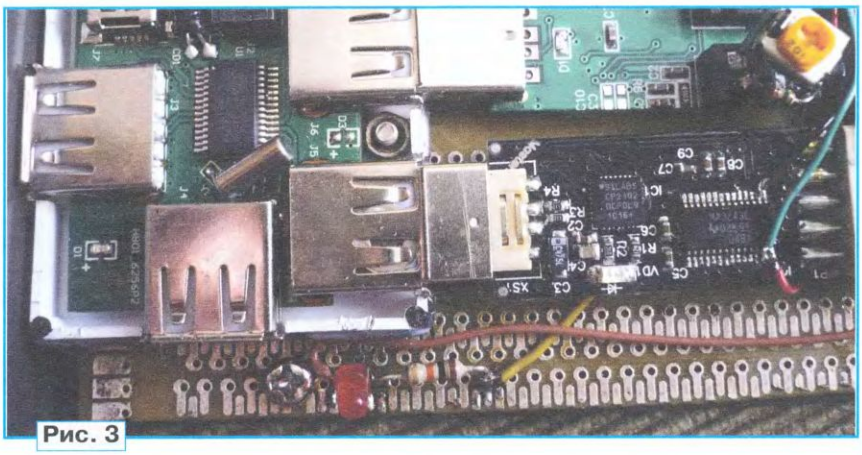


Рис. 3

Рис. 4

громкости. Среди многообразия современных внешних звуковых карт желательно выбирать устройства, имеющие низкие уровни побочных продуктов в полосе до 3 кГц.

Блок Bluetooth состоит из TTL UART преобразователя HC-05 (A2) и платы Bluetooth-гарнитуры HM1200 (**рис. 5**) для сотового телефона. Но гарнитура может быть любая, поддерживающая профиль HSP (Handset Profile). Практически все HSP-гарнитуры выполнены на микросхеме BC6130 и её аналогах.

Рис. 5

Входной звуковой сигнал поступает на резистор R4, включённый вместо штатного электретного микрофона гарнитуры. Выходной звуковой сигнал снимается с подстроечного резистора R5.

Питание платы гарнитуры подаётся в точки подключения аккумулятора, который в этом случае не используется. Питание всего устройства напряжением 13,6 В осуществляется от трансивера. С линейных стабилизаторов DA1 и DA2 снимается напряжение 5 В и 3,3 В соответственно.

Налаживание USB-блока сводится к установке драйверов для звуковой карты и UART-преобразователя и конфигурации параметров появившегося COM-порта (**рис. 6**). На этом рисунке появившиеся USB-устройства отмечены красной рамкой. Драйверы звуковых USB-карты Windows обычно находит сразу, проблемы могут возникнуть с установкой драйверов UART. В продаже имеется большое число noname устройств, выполненных на чипах PL2303 и CP2102, которые не поддерживаются новыми драйверами официальных производителей, для их успешной работы необходимо устанавливать старые версии этих драйверов. Подобных неприятностей лишены UART на чипах FTDI.

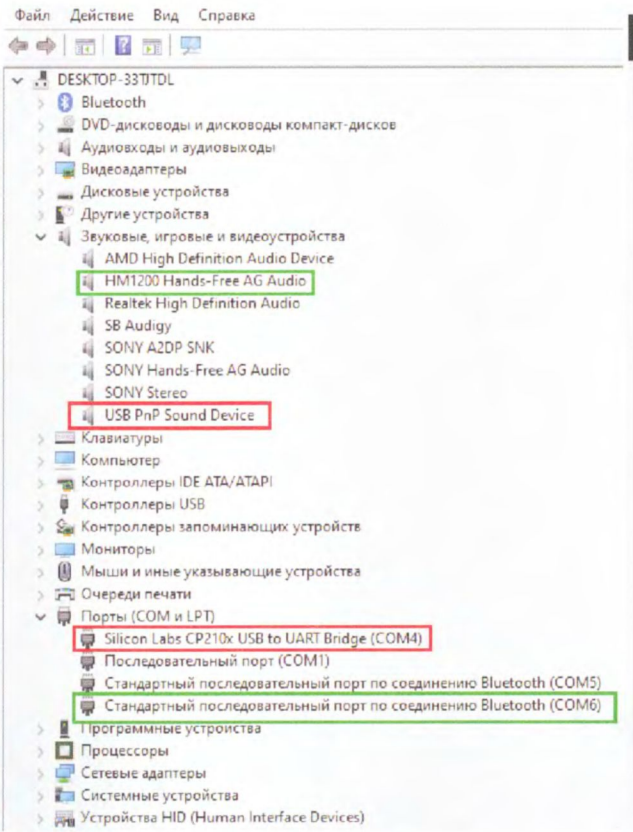


Рис. 6

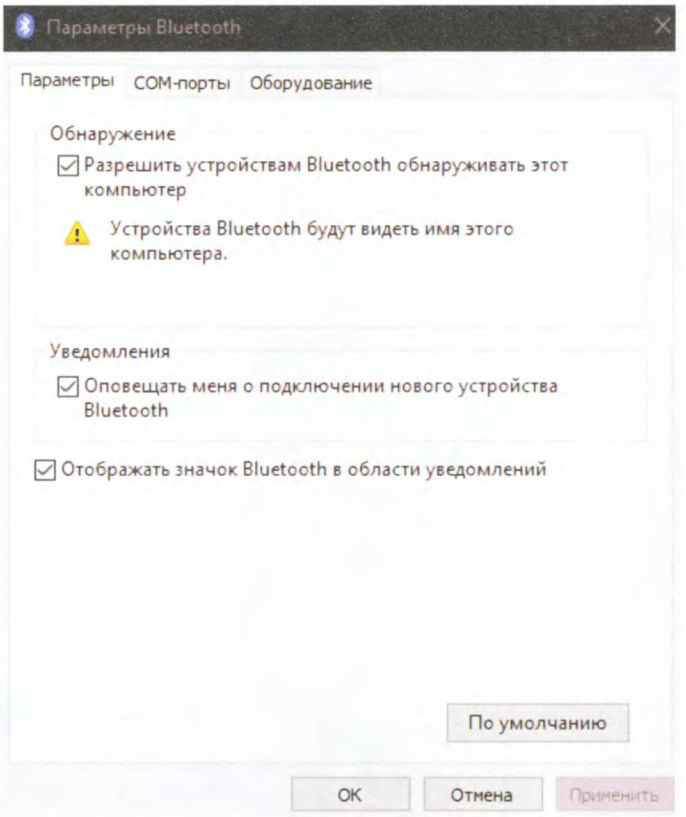


Рис. 7

Налаживание Bluetooth блока начинается с включения адаптера Bluetooth на компьютере. В диспетчере устройств должен появиться значок Bluetooth устройства (рис. 6). Далее необходимо выполнить процедуру поиска и сопряжения устройств. Windows в процессе поиска и сопряжения установит необходимые драйверы, они отмечены зелёной рамкой. Для успешной работы необходимо в параметрах Bluetooth поставить флажок разрешить устройствам Bluetooth обнаруживать этот компьютер (**рис. 7**). После успешного сопряжения устройств разрешение снимают. В процессе сопряжении модуля HL-05 система может запросить код подтверждения, по умолчанию код — 1234. Заводские настройки HL-05 модуля 9600, 8, 1, n. Код для сопряжения Bluetooth-гарнитуры производитель указывает в сопроводительной документации, там же находится инструкция для перевода гарнитуры в режим сопряжения, обычно это нажатие на какую-либо кнопку в течение нескольких секунд. Модуль HC-5 можно заменить модулем HC-6. Вид на монтаж устройства показан на **рис. 8**.

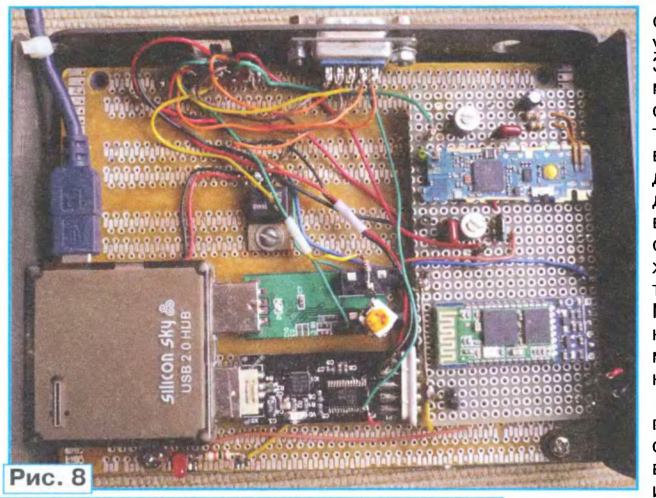


Рис. 8

Windows запоминает сопряжённые Bluetooth устройства и при последующих включениях автоматически их подключает. Модули UART производятся с напряжением питания 5 В и 3 В, а также комбинированные, подходят любые. Внешние звуковые карты, применённые в устройстве, очень чувствительны к перегрузкам по микрофонному входу, регулировку уровня необходимо начинать с минимальных уровней сигнала. Конструкция испытывалась с различными моделями ноутбуков с операционными системами Windows 7 и Windows 10. При повторении конструкции необходимо учитывать, что работа по Bluetooth не допускает использования глухих металлических корпусов. Внешний вид всего комплекса показан на **рис. 9**.

Рис. 9

РАДИО
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ
начинающим

Устройство управления вентилятором и нагревателем

С. ГУСЕВ, г. Муром Владимирской обл.

Автор устройства, описание которого предлагается вниманию читателей, — ученик 10-го класса школы № 20 г. Мурома. Разработанное им устройство обеспечивает управление вентилятором и нагревателем, содержит немного деталей и несложно в изготовлении.

Вентиляция как в частных, так и в многоквартирных домах остаётся очень актуальной темой. Многие владельцы домов или квартир самостоятельно устанавливают вытяжные вентиляторы, которые включаются отдельным выключателем, например, на кухне или в подвале, или одновременно с включением освещения, например, в санузле. Предлагаемое автором устройство управления позволяет автоматизировать этот процесс. Измеряемым параметром, который будет являться сигналом для включения или выключения вентиляции, станет уровень влажности или температуры в помещении. Пороги влажности или температуры для включения или выключения устанавливает пользователь.

Устройство собрано на основе модуля Arduino Nano, возможности которого значительно шире, чем функционал данного устройства, в устройство можно добавить ещё какие-нибудь дополнительные возможности. Если устройство предполагается использовать только в качестве регулятора влажности или только в качестве регулятора температуры, лишние элементы исключают. В устройстве предусмотрен режим принудительного ручного включения вентилятора и (или) нагревателя.

Предлагаемое устройство не претендует на оригинальность. Собрать его может даже начинающий радиолюбитель, каким являюсь и я, так как оно собрано из недорогих, функционально законченных компонентов, как простой конструктор. Но основные познания в электронике, а главное, в технике безопасности при работе с сетевым напряжением, всё же необходимы.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Основой конструкции является популярный модуль Arduino Nano. В качестве индикатора влажности, температуры, состояния устройства и проведения настроек используется двухстрочный ЖК-дисплей QAPASS [1]. Датчик температуры и влажности — AM2302 (DHT21). В качестве кнопок используется четырёхкнопочная мембранная клавиатура, которая может быть заменена любыми нормально разомкнутыми кнопками без фиксации. Эта клавиатура была выбрана потому, что её удобно приклеить на верхнюю крышку устройства. В качестве исполнительных устройств используются два реле SRD-5VDC-SL-C с переключаемыми контактами, с допустимым коммутируемым переменным напряжением 250 В и током до 10 А. Трёхгодичный

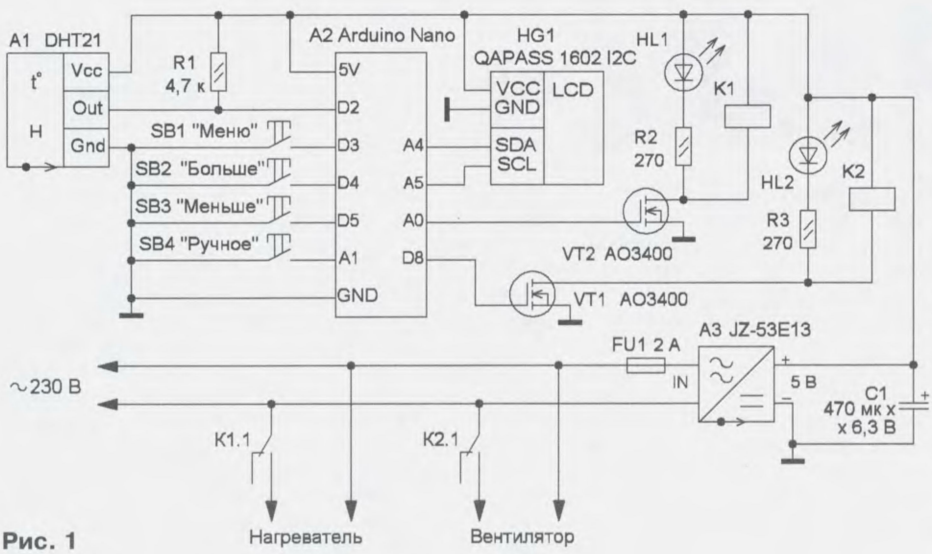


Рис. 1

опыт использования таких реле показал, что сетевое напряжение они коммутируют нормально, но десятиамперную нагрузку я через них никогда не подключал. Через такие реле можно включать напрямую практически любые бытовые вентиляторы. Но мощные обогреватели нужно включать через промежуточные контакторы, рассчитанные на ток мощной нагрузки. И нельзя забывать про установку соответствующих автоматов защиты в электрощите. Светодиоды HL1 и HL2, индицирующие включение вентилятора или нагревателя, могут быть маломощными любого свечения. Они дублируют показания дисплея и использованы потому, что дисплей показывает то, что творится в контроллере, а светодиоды показывают именно то, что на катушку исполнительного реле подано напряжение. Если светодиоды и резисторы R2, R3 исключить, на работоспособность устройства это не повлияет. Транзисторы AO3400 можно заменить более распространёнными транзисторами BS170 или 2N7000. Резисторы могут быть любого типа, конденсатор — K50-35 или импортный.

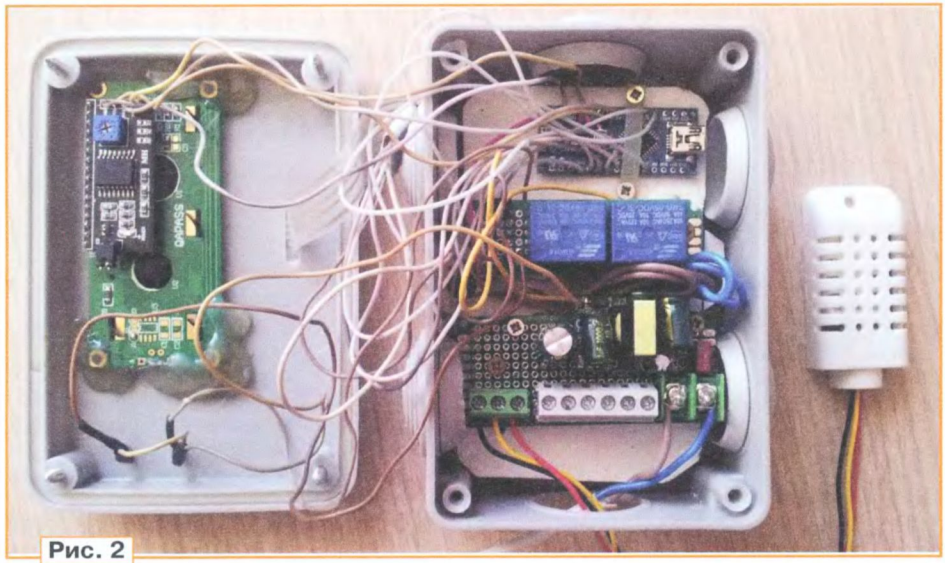


Рис. 2

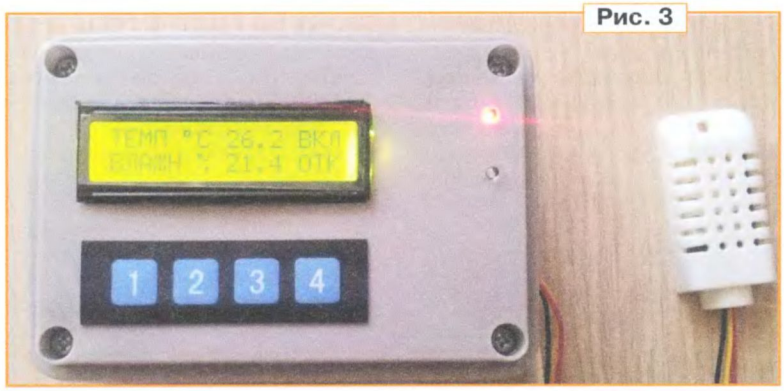


Рис. 3

Питается устройство от сетевого источника питания с выходным напряжением 5 В и током до 700 мА. В моём случае был применён малогабаритный модуль импульсного стабилизированного источника питания JZ-53E13 [2]. Смонтировано устройство в пластмассовой коробке размерами 120×80×55 мм (**рис. 2**). На верхней панели установлены ЖК-индикатор (для него сделано прямоугольное отверстие) и кнопки. Остальные элементы размещены в нижней части корпуса. При этом часть из них установлена на монтажной плате, которая вместе с модулями закреплена на основании из пластмассы толщиной несколько миллиметров. Для подключения датчика, вентилятора, нагревателя и сетевого напряжения применены винтовые клеммники.

Для программирования модуля Arduino Nano была использована простая в применении программа FLPROG, разработанная большим энтузиастом радиоэлектроники Сергеем Глушенко. Для работы в этой программе не надо знать языки программирования. Конфигурация устройств в этой программе создаётся путём рисования функциональных блоков. Программа находится в свободном доступе на сайте **https://flprog.ru/**. Последняя версия программы — 7.3.4. Но контроллер можно запрограммировать и с помощью более привычной программы Arduino IDE, версии 1.8.13.

Работает устройство следующим образом. В дежурном режиме в верхней строке ЖК-индикатора (**рис. 3**) отображается текущая температура в градусах Цельсия, а последние три буквы говорят о состоянии реле нагревателя, выключено — надпись ОТК , светодиод HL1 при этом погашен, или включено — надпись "ВКЛ" (светодиод HL1 светит). В нижней строке отображается текущая влажность в процентах, а последние три буквы (и светодиод HL2) также говорят о состоянии реле включения вентилятора.

При продолжительном (более 3 с) нажатии на кнопку SB1 "Меню" устройство переходит в режим установки параметров пользователем. Первый параметр — температура включения нагревателя. В нижней строке отображается текущая установка температуры включения. С помощью кнопки SB2 "Больше" увеличивают температуру, а с помощью кнопки SB3 "Меньше" — уменьшают.

Затем кратковременным нажатием на кнопку SB1 "Меню" переходят к следующему пункту меню — установке температуры отключения нагревателя. С помощью кнопок SB2 и SB3 устанавливают нужное нам значение температуры. Следующим коротким нажатием на кнопку SB1 "Меню" переходят к установке порога влажности включения вентилятора. С помощью кнопок SB2 и SB3 устанавливают требуемое значение влажности. Ещё одним коротким нажатием на кнопку SB1 переходят к установке порога влажности отключения вентилятора. Кнопками SB2 и SB3 устанавливают нужное значение. Дальнейшие кратковременные нажатия на кнопку SB1 приводят к повторному циклическому переключению пунктов меню. Для выхода из меню необходимо нажать и удерживать кнопку SB1 более 3 с, и устройство перейдёт в дежурный режим работы.

Для принудительного включения вентилятора необходимо кратковременно (менее 2 с) нажать на кнопку SB4 "Ручное". При этом в нижней строке ЖК-индикатора появится сообщение "HUMIDITY ON" и загорится светодиод HL2. При этом в режиме включения нагревателя устройство будет продолжать работать по заданным пользователям параметрам температуры. Повтор

ное кратковременное нажатие на кнопку SB4 выводит устройство из ручного принудительного режима, и оно начинает работать по установленным пользователем параметрам.

Для принудительного включения нагревателя необходимо продолжительное (не менее 3 с) нажатие на кнопку SB4. При этом в верхней строке дисплея отобразится сообщение "TEMPERATURE ON" и загорится светодиод HL1. Режим работы вентилятора при этом не изменится. Повторное продолжительное нажатие на кнопку SB4 выводит устройство из ручного принудительного режима включения реле нагревателя, и устройство начинает работать по установленным пользователем параметрам.

Устройство эксплуатируется несколько месяцев, при этом работает штатно, без замечаний. При сборке и налаживании следует соблюдать правила техники безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. LCD module QAPASS 1602 I2C. — URL: **https://aliexpress.ru/item/32992303985.html?algo_pvid=9f6c48a8-4509-4b4c-9e59-9ff8b1e6bf89&algo_expid=9f6c48a8-4509-4b4c-9e59-9ff8b1e6bf89-12&btsid=0b8b15d416175519790734947eb3a6&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_** (05.04.21).

2. JZ-53E13 — модуль преобразователя AC-DC [220B-5B, 0.7A, 3.5W] — модель 31125/ — URL: **https://aliexpress.ru/item/1005002075401985.html?&sku_id=12000018654221867** (05.04.21).

От редакции. *Файл конфигурации для программы FLPROG и скетч для Arduino IDE находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2021/06/temp-vent.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Робот-гуманоид REY 2021 на Arduino Pro mini — управление

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

После того как был получен набор различных анимаций игрушки и собран комплект вариаций рабочих скетчей, возник вопрос об их объединении в функционально законченную систему управления исполнительными механизмами робота. Автор, как вариант, выделил три уровня движений игрушки — принятие характерных статических положений (поз); простые движения, позволяющие в различных комбинациях "оживлять" робота и ситуативные действия, имитирующие поведение человека. На каждом уровне выбраны по шесть видов движений. Фактически это реализовано в приложении для смартфона и кнопочном пульте ДУ с OLED-экраном. Оба варианта работают с общим скетчем для платы робота.

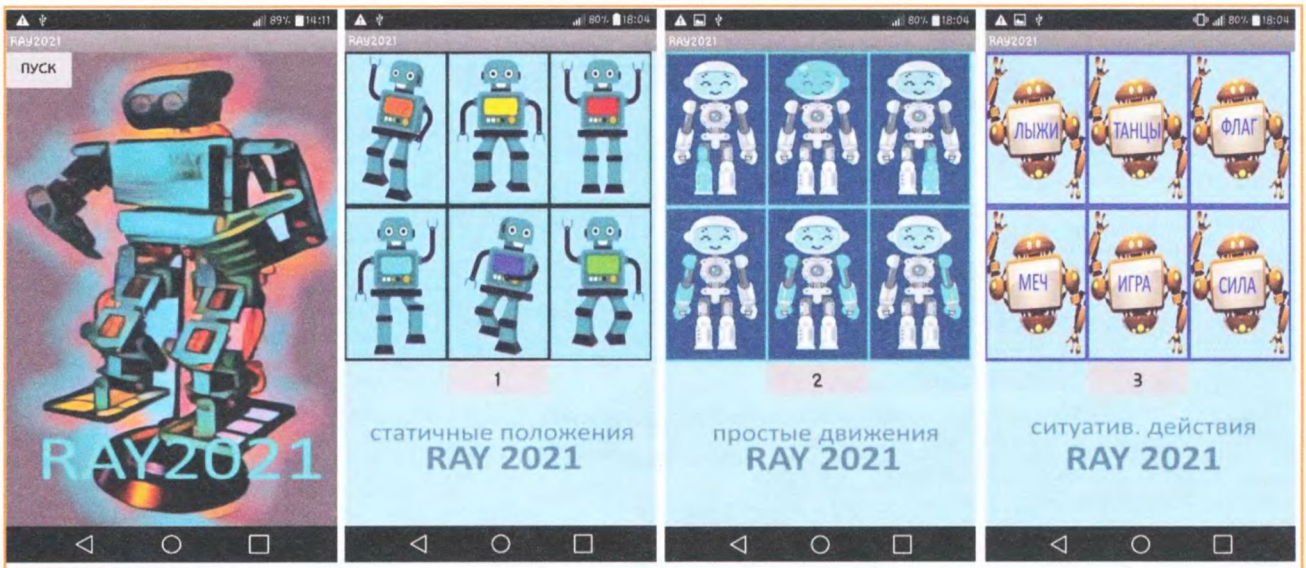


Рис. 1

Визуально приложение (**рис. 1**) реализовано на четырёх страницах экрана, переключаемых кнопкой "ПУСК". Продолжительное нажатие открывает страницу "простые движения", кнопка меняет положение, и на ней появляется надпись "2". Появляются шесть картинок-кнопок, обозначающих движения: шаг вперёд правой ногой; вращение головой; шаг левой; подъём вверх правой руки; шевеление кистями рук; подъём вверх левой руки. Кратковременное нажатие приводит к однократному движению, удержание — к циклическому повторению движений. Дальнейшие короткие нажатия на кнопку "ПУСК" переключают по кругу уровни управления 1—3, открывая на каждой странице новые изображения кнопок видов движения.

Приложение реализовано в среде визуальной разработки MIT App Inventor. За основу взят проект из моей статьи [1]. В него добавлены и изменены блоки (**рис. 2** и **рис. 3**) кнопок "ПУСК" (режим) и кнопок-картинок (для примера кнопка "A"). Так, при смене значений (см. рис. 2) глобальной пере-

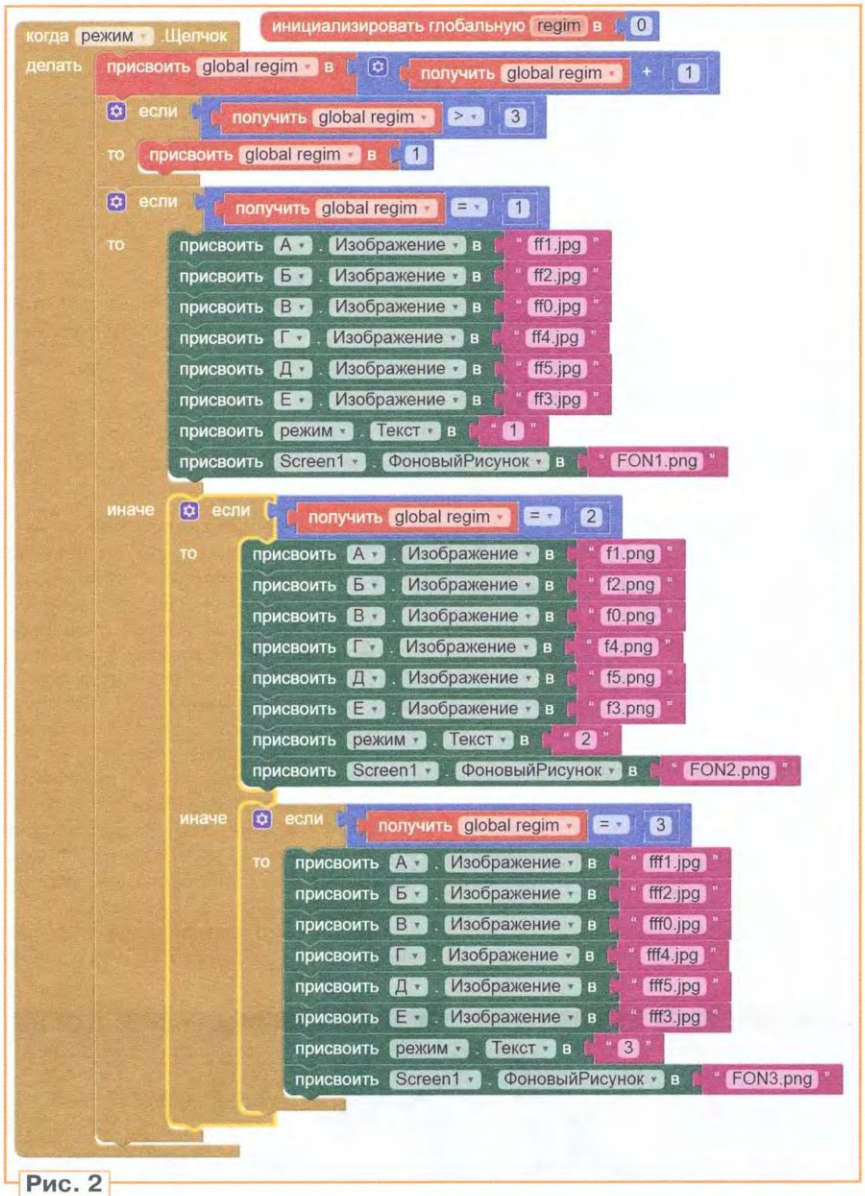


Рис. 2

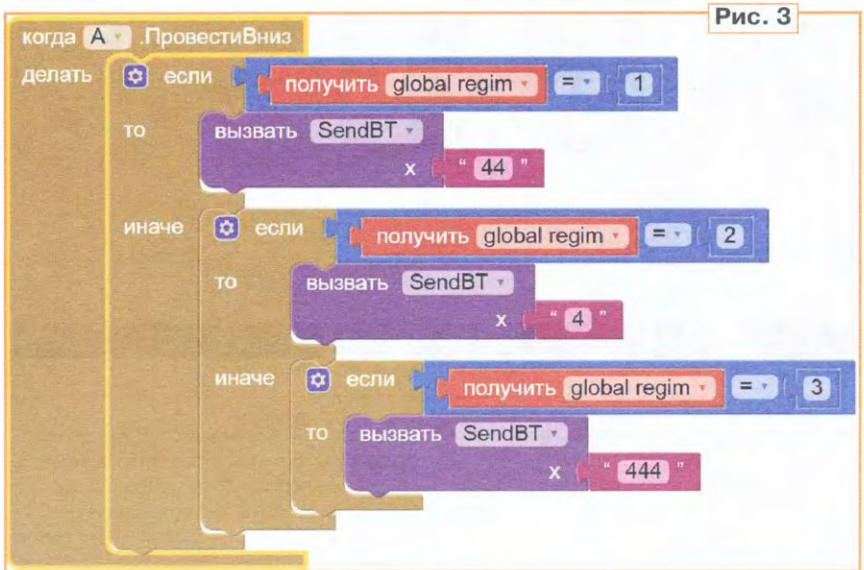


Рис. 3

менной regim от 1 до 3 (по щелчку кнопки) происходит смена изображений управляющих кнопок A—E и соответственно передаваемых для робота команд (рис. 3). Например, при значении 2 кнопка "A" отправит игрушке команду "4", а при значении 3 — команду "444".

Аналогичным образом реализовано и меню аппаратного пульта управления (**рис. 4**). Экран отображает четыре страницы — заглавную и три страницы уровней движений. Схема устройства показана на **рис. 5**. Каждой кнопке SB1—SB6 соответствует определённый вид движения, а с помощью кнопки SB7 листают страницы. Их названия выделены белым фоном. Каждое нажатие на кнопку сопровождается фоновой подсветкой надписи выбранного вида движения.

Пульт состоит из четырёх модулей, связанных гибкими проводами. A1 — модуль для связи пульта и робота, A2 — плата Arduino Pro mini, A3 — экран для визуализации меню, A4 — повышающий преобразователь напряжения питания пульта. Автору достался блютуз-модуль с пороговым напряжением включения 4,5 В, против 3,6 В, заявленных производителем. Именно для повышения напряжения до необходимого для имеющегося модуля и предназначен модуль A4. Резисторы R1, R2 служат для согласования уровней сигнала на выводе R_x модуля A1 и входа 1 модуля A2. Внешний вид комплектующих представлен на **рис. 6**. Их удобнее приобретать в зарубежных интернет-магазинах. Все элементы смонтированы в пластмассовом футляре подходящих размеров. Скетч **pult_app.ino** реализован на основе скетча для пульта гексапода [2] с использованием функций библиотеки **iarduino_OLED_txt**. Подробнее о работе всех функций данной библиотеки можно прочитать по ссылке [3].

Модуль A1 предварительно настроен на работу в режиме master с помощью AT-команд. Как это сделать, подробно изложено в [4]. В этом варианте модуля нужно поменять три параметра соответствующими командами:

AT+ROLE=1
AT+CMODE=1
AT+UART=57600,0,0

Скетч для микроконтроллера платы (**servo_pult_17.ino**) робота также существенно изменён. Основная функция получила четыре аргумента — **ispol_(a,в,с,т);**, где **а** — число повторов кадров с номера **в** по номер **с**. Параметр **т** задаёт длительность перехода между соседними кадрами в миллисекундах. Добавлена функция задержки времени **delay_(n);** между сериями кадров. Такое сочетание позволяет строить более сложные сюжеты поведения игрушки.

Рис. 4

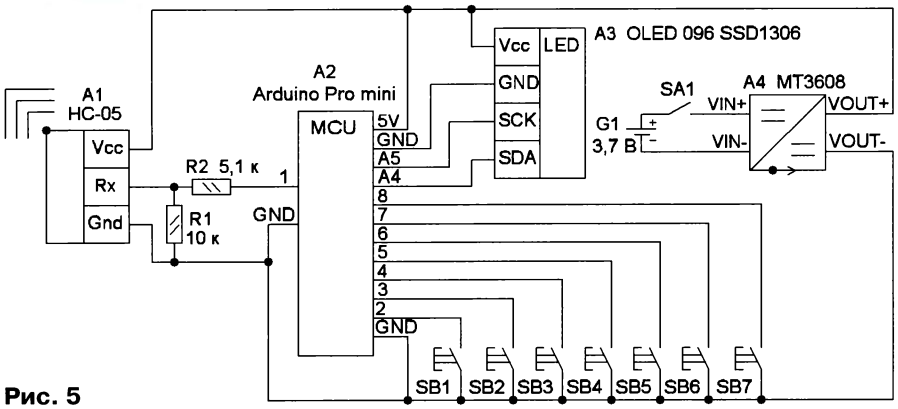


Рис. 5

ность. Исправления были внесены в файл библиотеки Servo. Для этого в файле Servo.cpp (папка avr) строку

if(((unsigned)*TCNTn) + 4 < usToTicks(REFRESH_INTERVAL)) // allow a few ticks to ensure the next OCR1A not missed

надо заменить на

if(((unsigned)*TCNTn) + 4 < usToTicks(REFRESH_INTERVAL) &&SERVOS_PER_TIMER <=12) // allow a few ticks to ensure the next OCR1A not missed.

Ссылка на тему обсуждения на профильном форуме [5].

Файлы проекта и иллюстрирующие их работу ролики прилагаются. В публикуемый вариант управляю-

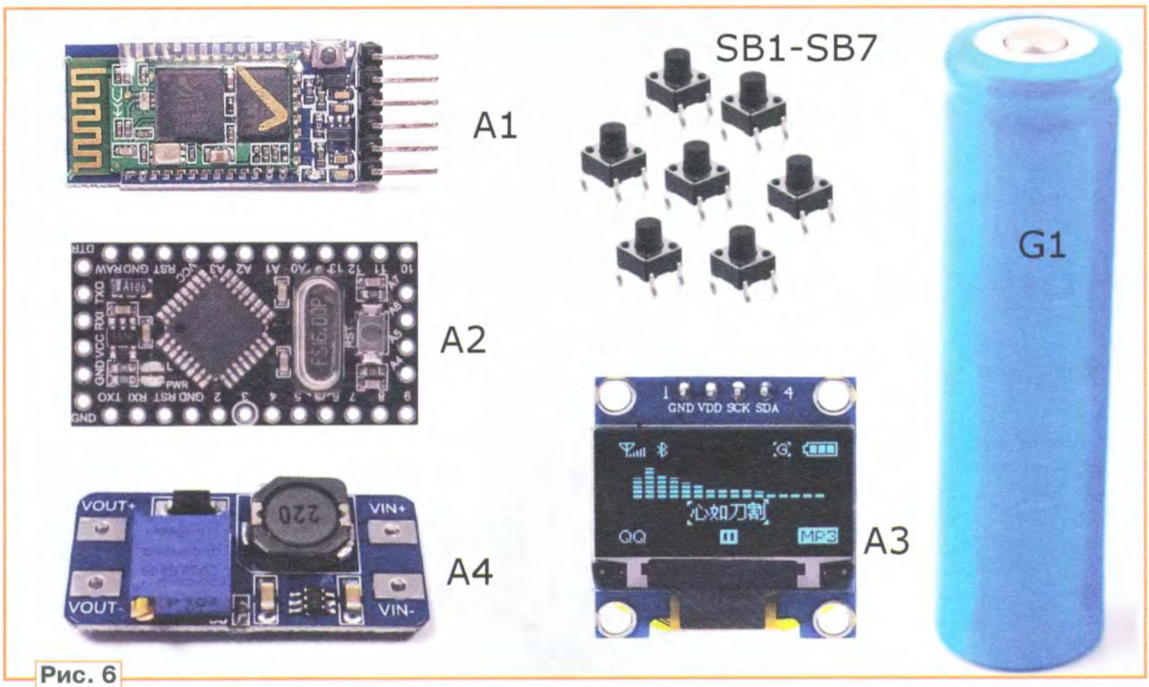
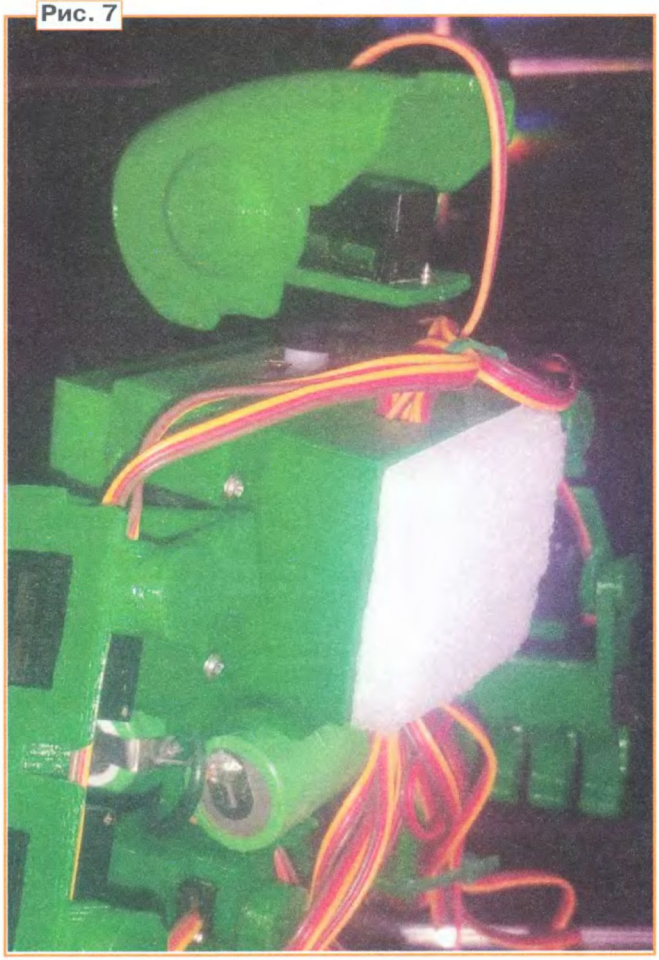


Рис. 6

При отработке различных движений робота он довольно часто терял равновесие и падал, преимущественно на спину. Для снижения акустического эффекта при ударах о твёрдую поверхность можно применить отрезок вспененного листового полиэтилена (**рис. 7**). С помощью двухстороннего скотча его приклеивают на внешнюю сторону задней крышки шасси робота. Также было замечено, что при значениях углов поворота качалок сервоприводов, близких к 180 градусам, движения конечностей теряют свою плавщего скетча не вошли три варианта ситуативных действий: "ИГРА", "МЕЧ" и "ФЛАГ". Для их реализации использован дополнительный реквизит: флажок, меч, модель игрушки на нити. Восприятие анимации, а соответственно и её реализация во многом зависят от

Рис. 7



имеющихся конкретных элементов. Поэтому автор предоставляет возможность читателю дополнить скетч самостоятельно, под имеющийся реквизит. При разработке внешнего вида страниц приложения (см. рис. 1) можно также использовать редактор художественных фото онлайн [6].

Получив характерные снимки при различных движениях робота и обработав их в первом редакторе ресурса, можно получить иконки для кнопок приложения. Автор, правда, ограничился только фоновым изображением страницы-заставки.

При успешной реализации проекта можно задуматься о добавлении в конструкцию, кроме исполнительных механизмов, ещё и сенсоров, или об изменении шасси на шасси робота-кентавра. Для этого потребуется дополнительный микроконтроллер, который можно связать с первым в общую сеть через один Bluetooth-модуль.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Мультипульт для управления группой гексаподов. — Радио, 2020, № 9, с. 59—61.

2. **Мамичев Д.** Гексапод на Arduino Nano и 12 сервоприводах. — Радио, 2021, № 3, с. 61—63.

3. OLED экран 128×64 / 0,96" (Trema-модуль V2.0). — URL: **https://wiki.iarduino. ru/page/OLED_trema/** (10.04.21).

4. HC-05 как настроить Bluetooth-модуль в качестве slave или master и как объединить две Arduino по Bluetooth. — URL: **https:// kolotushkin.com/article.php?id=30** (10.04.21).

5. Ардуино про мини и 17 сервоприводов. — URL: **http://arduino. ru/forum/pesochnitsa-razdel-dlya-novichkov/ arduino-pro-mini-i-17-servoprivodov** (10.04.21).

6. Редактор художественных фото онлайн. — URL: **https:// photoretrica.com/ru/ art** (10.04.21).

***От редакции**. На нашем FTP-сервере по адресу **http:// ftp.radio.ru/pub/2021/06/robot2.zip** находятся скетчи и файлы проекта, а по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2021/05/robot2 video.zip** — видеозаписи работы устройства.*

Модуль таймера С005 и конструкции на его основе

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

На просторах Интернета и в радиомагазинах можно недорого приобрести модуль С005, который позиционируется как программируемый таймер. Этому модулю в Интернете также посвящено несколько подробных описаний, например [1, 2]. Этот модуль представляет собой печатную плату с контактными площадками (**рис. 1**), на которой смонтирована микросхема, залитая компаундом. На этом рисунке показана условная нумерация его выводов, а вариант обозначения — на **рис. 2**. Микросхема в составе модуля содержит элементы RC-генератора с внешним частотозадающим резистором и программируемый делитель частоты. Напряжение питания модуля — 2...5 В, потребляемый ток в режиме ожидания — 1 мкА, а в процессе отсчёта времени — около 100 мкА, максимальный втекающий выходной ток (при низком логическом уровне на выходе) — 30 мА, максимальный вытекающий выходной ток (при высоком логическом уровне на выходе) — 3 мА, интервал выдержки времени — от 2 с до 40 ч, габаритные размеры — 12×12 мм.

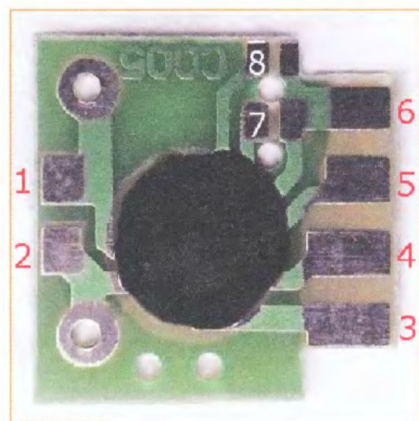


Рис. 1

Схема включения модуля показана на **рис. 3**. Запуск генератора и отсчёта времени осуществляется подачей низкого логического уровня на вход "Start" (вывод 4). Для этого служит кнопка SB1. С помощью резистора R_r, сопротивление которого может лежать в интервале

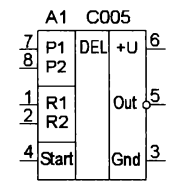


Рис. 2

10 кОм...22 МОм, изменяют частоту RC-генератора. При сопротивлении резистора R_r = 120 кОм частота генератора — около 222 кГц. Осциллограмма напряжения на выходе генератора (вывод 1) при напряжении питания 3 В показана на **рис. 4**. Осциллограмма напряжения на выводе 2 модуля показана на **рис. 5**. Масштаб осциллограмм по горизонтали — 10 мкс, по вертикали — 4 В. Анализ осциллограмм позволяет предположить, что RC-генератор — управляемый и собран на логических элементах (**рис. 6**). Расчёты показывают, что ёмкость встроенного конденсатора $C_г$ — примерно 50 пФ. RC-генератор запускается после нажатия на кнопку SB1 "Старт", а по окончании времени выдержки его работа останавливается. На рис. 5 видно, что напряжения переключения из низкого в высокий уровень и обратно немного различаются, т. е. при переключении присутствует гистерезис.

После подачи питающего напряжения (см. рис. 3) запуск таймера не происходит, поскольку на входе Start сразу появляется высокий логический уровень. Обусловлено это, видимо, наличием подтягивающего к плюсовой линии питания резистора, сопротивление которого можно оценить как несколько десятков килоом. При этом на выходе Out устанавливается высокий логический уровень. Для запуска таймера на вход Start надо подать низкий логический уровень, при этом на выходе Out также появляется низкий уровень, и начинается отсчёт времени таймера. В течение этого времени изменение уровня на входе Start не влияет на длительность выдержки. Повторный запуск возможен после окончания выдержки или после отключения питания и последующей подачи сигнала низкого уровня на вход Start. Если этот вход соединить с минусовой линией питания, запуск таймера будет происходить сразу после подачи питающего напряжения.

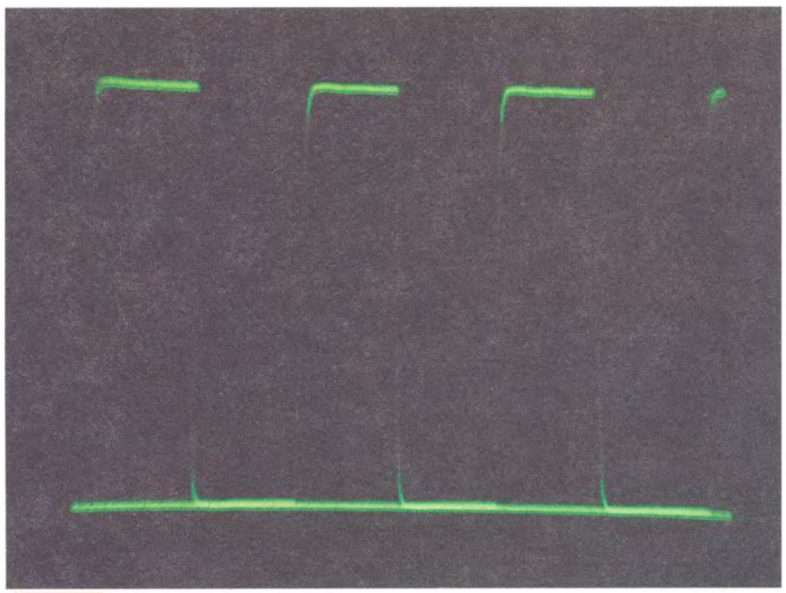


Рис. 4

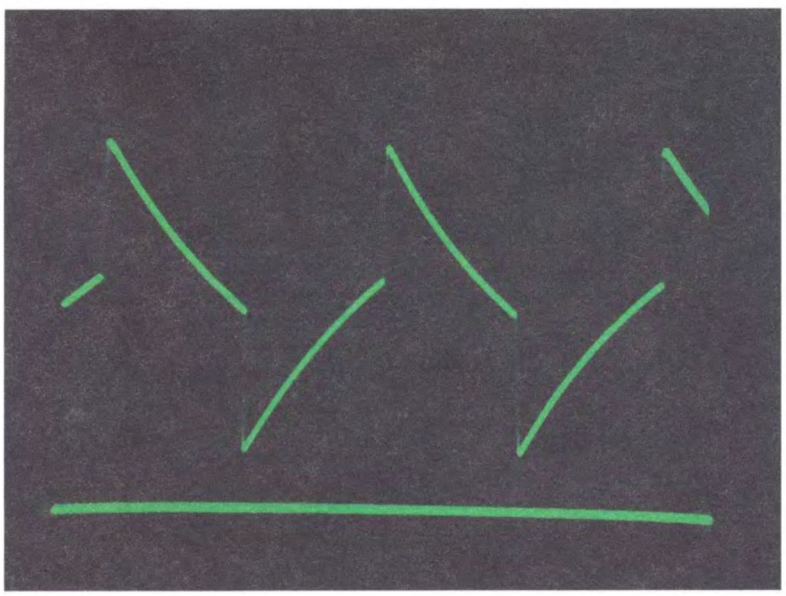


Рис. 5

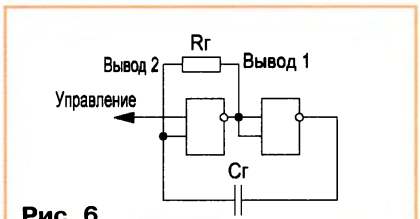


Рис. 6

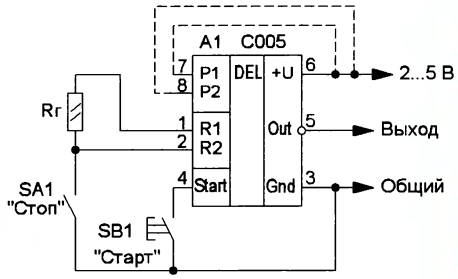


Рис. 3

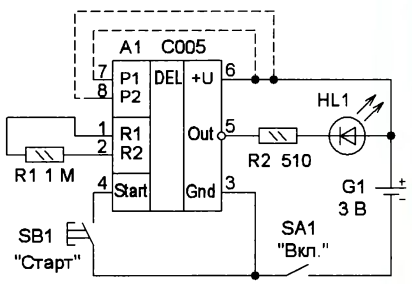


Рис. 7

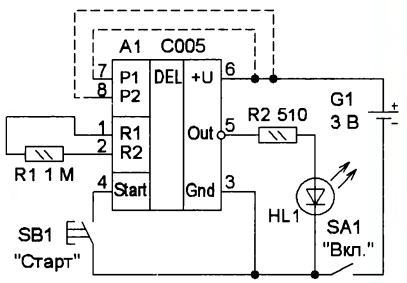


Рис. 8

Для остановки времени отсчёта в таймер можно ввести выключатель

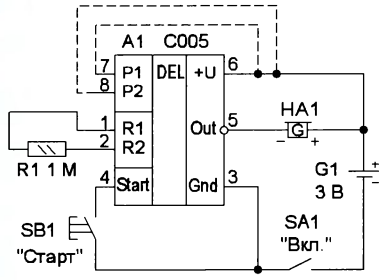


Рис. 9

тивление элементов RC-генератора. С ростом сопротивления резистора R_r

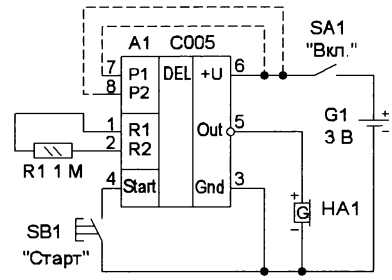


Рис. 10

влияние питающего напряжения на эти параметры уменьшается.

Зависимость частоты RC-генератора и длительность выдержки от сопротивления резистора R_r и различных уровней на входах P1 и P2 для напряжения питания 4,5 В приведены в **табл. 2**. Надо обратить внимание, что частота генератора, а значит, и выдержка зависят от напряжения питания модуля и температуры, поэтому выдержка времени не очень стабильная.

Следует также отметить, что этот модуль во многом схож с отечественными микросхемами таймеров серии КР512ПС [3], где также присутствуют встроенный RC-генератор и программируемый делитель частоты.

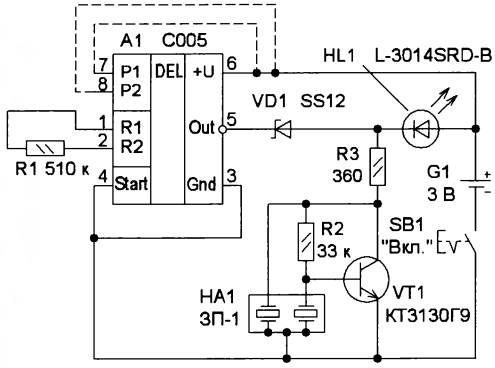


Рис. 11

SA1 Стоп", который принудительно останавливает работу RC-генератора (см. рис. 3). При замкнутых контактах выключателя отсчёт времени останавливается, при разомкнутых — возобновляется. При замкнутых контактах выключателя SA1 на выводе 1 установится высокий уровень напряжения, и через резистор R_r будет протекать ток. Поэтому для повышения экономичности таймера сопротивление этого резистора должно быть максимально возможным.

Для увеличения выдержки служат два входа P1 и P2. Подача высокого уровня на вход P1 увеличивает время выдержки в восемь раз, подача этого уровня на вход P2 — в 64 раза, а одновременная подача на эти два входа — в 512 раз. Так можно получить значительную по длительности выдержку.

Зависимости частоты генератора и время выдержки от сопротивления частотозадающего резистора при P1 = P2 = 0 приведены в **табл. 1**. Видно, что при малых сопротивлениях резистора R_r частота генератора (а значит, и выдержка времени) сильно зависит от напряжения питания. Обусловлено это, видимо, тем, что на эти параметры влияет выходное сопро-

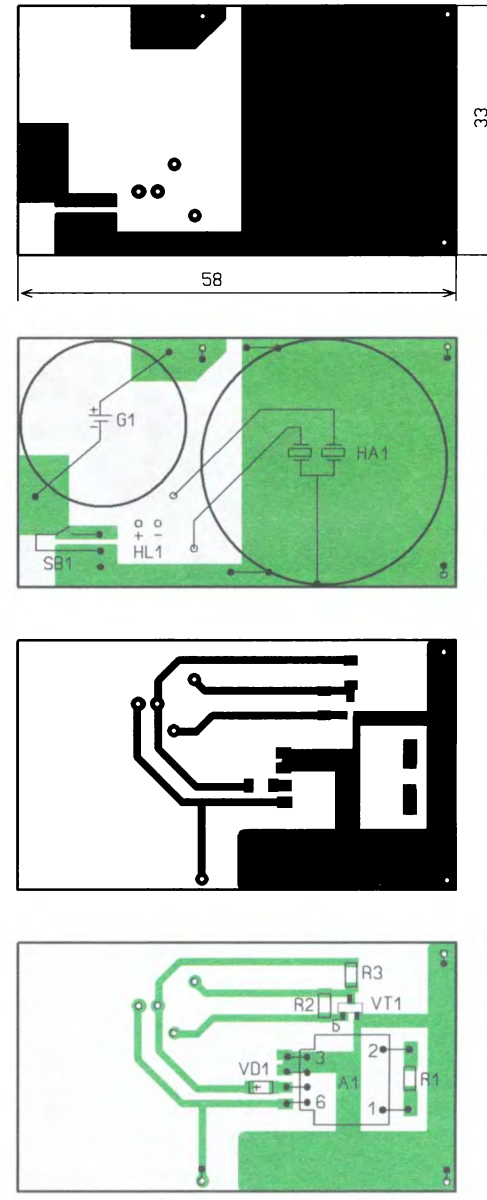


Рис. 12

Основное назначение модуля С005 — формирование времени выдержки, поэтому его прямое назначение — изготовление таймера. Вариант такого устройства со световой сигнализацией показан на **рис. 7**. После подачи питающего напряжения светодиод станет светить, погаснет он после нажатия на кнопку SB1 и снова включится по окончании времени выдержки. Если изменить подключение светодиода (**рис. 8**), он станет светить с началом отсчёта времени и погаснет по его окончании. Подборкой резистора R2 можно изменить яркость свечения светодиода, но ток через выход Out не должен превышать допустимого значения. Чтобы повысить наглядность при отсчёте временного интервала, обычный светодиод можно заменить мигающим.

Если взамен светодиода применить звуковой сигнализатор со встроенным генератором (**рис. 9**), окончание выдержки времени будет сопровождаться прекращением звукового сигнала. Если изменить схему подключения сигнализатора (**рис. 10**), звук будет появляться по окончании времени выдержки. Здесь можно применить звуковые сигнализаторы, работоспособные при напряжении питания 3...5 В. Такими, например, являются сигнализаторы HPM14AX, HPM24AX.

На основе приведённых выше схем можно собрать таймер для чистки зубов. Как известно, для эффективной чистки зубов чистку надо проводить в течение не менее 2...3 мин. Чтобы выдерживать это время, можно изготовить таймер, который больше всего будет полезен и интересен детям. Схема таймера показана на **рис. 11**. Здесь, кроме модуля С005, применены мигающий светодиод L-3014SRD-B (HL1) и звуковой сигнализатор, собранный на транзисторе VT1 и пьезокерамическом излучателе ЗП-1 (HA1). Дело в том, что звуковой сигнализатор включён последовательно со светодиодом, и при небольшом напряжении питания покупной сигнализатор HPM14AX может работать неустойчиво. Поэтому и был использован сигнализатор на транзисторе. За счёт наличия в излучателе ЗП-1 двух пьезоэлементов звуковой сигнализатор надёжно работает при напряжении 1...1,5 В.

Запуск таймера осуществляется одновременно с подачей питающего напряжения кнопкой SB1 (с возвратом повторным нажатием). На выходе Out при этом будет низкий уровень, поэтому напряжение через диод VD1 поступит на мигающий светодиод HL1. Его вспышки будут сигнализировать о том, что идёт отсчёт времени. Поскольку на транзисторе VT1 напряжение не более 0,2 В (падение напряжения на диоде VD1), звукового сигнала не будет.

Таблица 1

Сопротивление резистора R_r, кОм	Частота генератора, кГц		Время выдержки, с	
	Напряжение питания, В			
	3	4,5	3	4,5
10	1350	1600	5,8	4,8
20	930	1050	8,9	8
30	723	800	12	11
51	480	517	19	18
75	370	350	27	25
10	276	289	34	32
150	191	197	49	46
200	149	153	65	60
240	126	129	78	74
300	95	92	96	92
390	79	81	123	119
510	61	62	155	150
560	54	54	175	168
620	51	51	199	187
750	39	40	230	222
820	37	37	255	246
1000	32	32	330	291
1500	22	22	383	432
2000	16	16	598	568
3000	11	11	762	762
4700	7,2	7,2	1425	1165
5100	6,3	6,3	1631	1331
10000	3,2	3,2	2921	2621
15000	2,1	2,2	4394	3813
20000	1,8	1,9	5160	4660

Таблица 2

Сопротивление резистора R_r, кОм	Время выдержки		
	P1 =1, P2 = 0	P1 = 0, P2 = 1	P1 =1, P2 = 1
10	0,64 мин	5,12 мин	41 мин
20	1,07	8,53	1,07 ч
30	1,52	12,16	1,52
51	2,4	19,2	2,4
75	3,33	26,67	3,33
10	4,27	34,13	4,27
150	6,13	49	6,13
200	8	1,07 ч	8
240	9,87	1,32	9,87
300	12,27	1,64	12,27
390	15,87	2,12	15,87
510	20	2,67	20
560	22,4	3	22,4
620	24,93	3,32	1,04 дня
750	29,6	3,95	1,23
820	32,6	4,37	1,37
1000	38,8	5,17	1,62
1500	57,6	7,68	2,4
2000	1,26 ч	10,1	3,16
3000	1,69	13,55	4,23
4700	2,59	20,71	6,47
5100	2,96	23,66	7,39
10000	5,82	46,6	14,56
15000	6,25	50	15,63
20000	10,36	82,84	25,89

Рис. 13

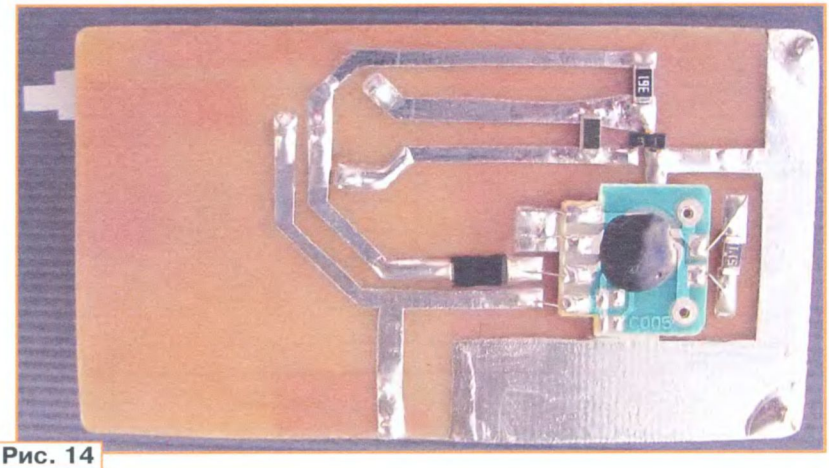


Рис. 14

Рис. 15

По окончании времени выдержки на выходе Out появится высокий уровень и диод VD1 закроется. Теперь мигающий светодиод HL1 и звуковой сигнализатор окажутся включёнными последовательно. В погашенном состоянии ток через мигающий светодиод мал и недостаточен для работы звукового сигнализатора. Когда светодиод вспыхивает, напряжение на нём уменьшается до 1,5...1,7 В, а ток увеличивается. В этот момент сигнализатор начинает работать, и звучит сигнал одновременно со вспышкой светодиода.

Таким образом, во время выдержки времени вспыхивает светодиод, а по окончании вспышки, яркость которой заметно уменьшается, это сопровождается звуковым сигналом. Для повторного запуска таймера его надо выключить и снова включить.

Для корпуса этого таймера был выбран прозрачный контейнер размерами 62×37×14 мм от драже Tic-Tac. Для него и была разработана двухсторонняя печатная плата, чертёж которой показан на **рис. 12**. Она двухсторонняя и изготовлена из стеклотекстолита толщиной 1 мм. На одной стороне (**рис. 13**) установлены излучатель ЗП-1, держатель элемента питания CR2032, мигающий светодиод и кнопочный выключатель. На другой стороне (**рис. 14**) установлены остальные элементы, в том числе и модуль С005. Применены резисторы типоразмера 1206, в качестве выключателя применена кнопка KLS7-P8.5x8.5-1 (PB22E09). Средний ток, потребляемый таймером в режиме выдержки, — около 4 мА, по её окончании — в несколько раз меньше.

Внешний вид таймера показан на **рис. 15**. Плата размещена в корпусе так, чтобы толкатель кнопки располагался в окне крышки. При нажатой кнопке таймер обесточен, и окно можно закрыть штатной крышкой. Открыв крышку и нажав на кнопку, запускают таймер. Поэтому придётся подобрать положение кнопки на плате. Излучатель ЗП-1 не следует размещать вплотную к плате или корпусу устройства, поскольку они поглощают механические колебания и сигнализатор может не заработать. Это означает, что излучатель ЗП-1 должен быть установлен на весу на расстоянии 2...3 мм от платы и держаться на своих корпусных выводах. Для увеличения громкости сигнала в корпусе, напротив излучателя, надо просверлить несколько отверстий для прохождения звука. Время выдержки таймера можно установить подборкой резистора R1 и подключением входов P1 и P2 к плюсовой линии питания.

Этот таймер, конечно же, подойдёт не только для контроля времени чистки зубов, но и для других целей, например, в кулинарии для приготовления различных блюд или для физических упражнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китайский чип-таймер С005. Уточнение параметра выдержки времени. — URL: **https://do1kv.blogspot.com/2018/07/kitajskij-chip-tajmer-c005-utochnenie-parametra-vyderzhki-vremeni.html** (05.05.21).

2. Многофункциональный таймер С005. — URL: **http://ra3tox.qrz.ru/ s25/tymer.html** (05.05.21).

3. **Бирюков С.** Генератор-делитель частоты КР512ПС10. — Радио, 2000, № 7, с. 51, 52.

От редакции. *Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut имеется по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2021/06/C005-1.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

(Окончание следует)

Ответы на викторину "Arduino: программная часть-4"

("Радио", 2021, № 5, с. 63, 64)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

1 **Ответ — 0**. Модуль BMP280 предназначен для измерения атмосферного давления и температуры окружающей среды [1]. Подключение к линиям Arduino в рассматриваемом устройстве производится через четырёхпроводной интерфейс SPI. Назначение сигналов: SDO — выходные данные, CSB — выбор кристалла, SDI — входные данные, SCK — тактовые импульсы. Внутри модуля A2 по всем четырём линиям размещаются подтягивающие pull-up резисторы сопротивлением 10 кОм.

Диоды VD1—VD3 указывают на цепи, которые для модуля BMP280 являются входными, а для Arduino — выходными. Например, если на линии 10 Arduino выставить низкий уровень, диод VD1 будет открыт и на входе CSB модуля A2 установится лог. 0. Для выходного сигнала SDO развязывающий диод не требуется, поскольку линия 12 Arduino настраивается в режим входа и воспринимает напряжение 3...3,3 В как лог. 1.

Диоды VD1—VD3 не нужны, если вместо модуля BMP280-3.3V применить модуль BMP280-5.0V (**рис. 1**), внутри которого находятся согласующие транзисторы и стабилизатор питания. Другой вариант — применение низковольтного модуля Arduino, работающего при напряжении 3,3 В, например Arduino Pro mini 3.3V.

2 **Ответ — 1**. Назначение скетча — вывести на экран компьютера фразу "Read EEPROM from MC". Как известно, в микроконтроллере ATmega328, который применяется в базовых версиях Arduino, имеются три независимые области памяти: ОЗУ 2 Кбайт, Flash-ПЗУ 32 Кбайт и EEPROM 1 Кбайт. При компиляции скетчей в эти области памяти заносятся те или иные данные. В частности, оператор **Serial. println ("Read EEPROM from MC")** размещает строку текста в ОЗУ. Если в ОЗУ места мало, то можно перенести текст в Flash-память оператором **Serial. println (F("Read EEPROM from MC"))** [2]. Результаты компиляции — в ОЗУ было занято 208 байт, стало 188 байт, в Flash-ПЗУ было занято 1494 байт, стало 1504 байт. К области памяти EEPROM оператор **Serial.println** отношения никакого не имеет.

3 **Ответ — 1**. Назначение скетча — вычислить с помощью показаний модуля BMP280 высоту объекта при двух исходных атмосферных давлениях над уровнем моря: 1013,25 гПа (для переменной **valAlt**) и 1025,25 гПа (для переменной **Hmax**).

В скетче используется библиотека **Adafruit_BMP280_Library**, компоненты которой устанавливаются по методике [3]. Высота объекта над уровнем моря –0,5...+9 км вычисляется косвенным методом, как в авиации, где измеренное атмосферное давление пересчитывается в высоту согласно барометрическим правилам. В частности, в библиотечном файле

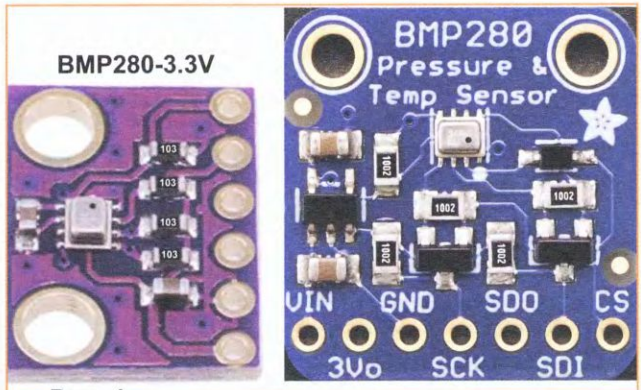


Рис. 1

Adafrut_BMP280.cpp высота рассчитывается по формуле **altitude= 44330·(1.0-pow(pressure/seaLevelhPa, 0.1903))**, где константа **seaLevelhPa** как раз и означает атмосферное давление в гектопаскалях над уровнем моря. Чем **seaLevelhPa** меньше, тем высота объекта меньше. Упрощённо, 10 м на каждые 1,2 гПа давления.

В реальном эксперименте были получены следующие результаты: 57,9 м для переменной **valAlt** и 157,4 м для переменной **Hmax**. *Интересная деталь*. Для местности, где проводились замеры, картографические справочники указывают абсолютную высоту 124...128 м, получается, что в программе для барографа надо индивидуально подбирать базовое давление над уровнем моря.

4 **Ответ — 1**. Опытами установлено, что щётки маломощного двигателя постоянного тока при работе создают радиопомехи вплоть до 750 МГц [4]. На практике это может (хотя и не обязательно) приводить к сбоям в работе микроконтроллера Arduino или рестарту системы, а также создавать помехи приёмной аппаратуре широкого назначения.

Для борьбы с радиоизлучениями в простейшем случае применяют фильтрующий конденсатор, подключаемый параллельно обмотке двигателя. Конденсатор должен быть керамическим и размещаться как можно ближе к выводам. Если корпус у двигателя металлический, то в качестве дополнительной меры снижения помех можно использовать трёхконденсаторную схему (**рис. 2**), как в промышленных игрушках.

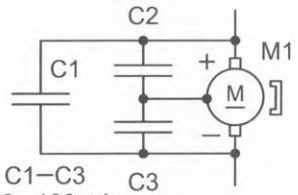


Рис. 2

5 **Ответ — 0**. Назначение скетча — включить вибромотор ультразвуковой трости на расстоянии, определяемом переменной **dist_cm**. Уровень вибрации задаётся переменной **signal**. Сначала в строке 9 скетча проверяется расстояние до препятствия, и если оно меньше 400 см, то в строке 10 вычисляется переменная **signal**. После этого включается вибромотор (строка 11), на который подаются импульсы ШИМ от микроконтроллера Arduino с тем или иным коэффициентом заполнения. Чем ближе препятствие, тем скорость вращения вала двигателя больше, и наоборот.

Чтобы вычислить расстояние **dist_cm** по известной переменной **signal**, надо преобразовать формулу в строке 10 к виду **dist_cm=400·(255-signal)/255**. При **signal=51** получается **dist_cm= 320 см** или 3,2 м.

6 **Ответ — 1**. Назначение скетча — генерация импульсов ШИМ на линии D3 Arduino. Как известно, микроконтроллеры ATmega168/328, при-

меняемые в Arduino, имеют шесть аппаратных широтно-импульсных модуляторов. Сигналы ШИМ могут генерироваться на линиях 3, 5, 6, 9, 10, 11 с частотой 488,28 Гц (по умолчанию) и разрешением по длительности — восемь разрядов.

Управление аппаратным ШИМ осуществляется системной функцией **analogWrite(x)**, где **x=0...255**. Каждому значению переменной **x** соответствует свой коэффициент заполнения генерируемых импульсов от 0 до 100 %.

В рассматриваемом скетче нужно проанализировать строки 10—12, которые при подстановке исходных данных превращаются в оператор **analog Write(3, map(-127, -127, 127, 255, 50))**. То есть импульсы генерируются на линии 3 Arduino с условной скважностью –127, которая функцией **map** превращается в число 255, что означает коэффициент заполнения 100 %.

7 **Ответ — 1**. Компьютерная мышь — это механический манипулятор, преобразующий движение руки в управляющие электрические сигналы. По интерфейсу подключения различают мыши PS/2, USB и беспроводные. К плате Arduino проще всего подключаются мыши с интерфейсом PS/2 (**P**ersonal **S**ystem/**2**). Это означает, что внутри мыши имеется специализированный контроллер, который принимает сигналы от датчика движения и выводит их наружу через двухпроводной интерфейс DATA (данные), CLK (такты).

Первыми были изобретены мыши, обладающие механическим датчиком движения. Позже им на смену пришли оптические и лазерные мыши с оптическим датчиком движения. Однако интерфейс PS/2 определяется только типом управляющего контроллера, следовательно, к Arduino можно подключать и механические, и оптические мыши.

Кстати, по соображениям безопасности, в компьютерах, содержащих важную информацию, могут присутствовать мыши и клавиатуры именно PS/2. Это позволяет отказаться от USB-портов и сделать недоступным несанкционированный съём данных через внешние флеш-карты.

8 **Ответ — 0**. Назначение скетча — послать в мышь запрос на чтение идентификатора **ID**, получить ответ и выставить соответствующим образом флаг **IM_mouse_flag**. Флаг может принимать значение 0 (ложь) или 1 (истина).

В скетче используется библиотека функций PS/2, в которой на запрос 0xF2 (строка 7) может последовать ответ 0x00 — "доисторическая" мышь с двумя или тремя кнопками без скролла (так называют колесо прокрутки) или 0x03 — стандартная мышь со скроллом, поддерживающая спецификацию Microsoft Intellimouse [5]. Следовательно, флаг **IM_mouse_flag=0** получается в первом и **IM_mouse_flag=1** во втором случаях.

Важный момент. Перед компиляцией скетча следует скачать библиотеку PS/2 [6], распаковать её содержимое в папку **arduino/libraries**, открыть файл **ps2.h** и заменить в его тексте **WProgram.h** на **Arduino.h**. Можно также воспользоваться вариантом библиотеки **ps2.h** с исправленными неточностями [7].

9 **Ответ — 1**. Назначение скетча — преобразовать переменные **my** и **mz** из беззнаковых в знаковые. Согласно протоколу передачи данных PS/2, переменная **my** отвечает за перемещение мыши в горизонтальной плоскости, а переменная **mz** — за скроллинг колеса.

На **рис. 3** показана раскладка третьего и четвёртого байтов пакета данных, пересылаемого от мыши в Arduino [5]. Как видно, переменная my может изменяться от 0 до 255 (беззнаковый вид) или от –127 до +127 (знаковый вид). Переменная **mz**, соответственно, от 0 до 15 или от –8 до +7.

3-й байт	y7	y6	y5	y4	y3	y2	y1	y0	"my"
4-й байт	0	0	0	0	z3	z2	z1	z0	"mz"

Рис. 3

Как следствие, комментарий в строке 8 рассматриваемого скетча правильный, поскольку оператор в строке 7 преобразует числа 128...255 в числа –127...0. Комментарий в строке 10 логически не точен, поскольку оператор в строке 9 преобразует числа 8...15 в числа –247...–240.

10 **Ответ — 0**. Модуль A1 является Bluetooth-приёмопередатчиком. С платой Arduino он соединяется через цепи TX и RX. Для связи модулей A1 и A2 используется интерфейс UART (**U**niversal **A**sinchronous **R**eceiver-**T**ransmitter), т. е. последовательная асинхронная шина связи. Ключевое слово здесь — асинхронная, поскольку не требуются специальные сигналы (линии) синхронизации. Достоинство — простота, малое количество проводов. Недостаток — низкая скорость связи, обычно до 250 кбит/с.

Интерфейс USART (**U**niversal **S**inchronous and **A**sinchronous **R**eceiver-**T**ransmitter) является расширением UART и позволяет обмениваться данными на скоростях до 4 Мбит/с, используя дополнительные сигналы. На практике USART может выполнять все функции UART, чем и пользуются разработчики. Например, в микроконтроллере ATmega328 имеется блок USART с цепями RX, TX, XCK (синхронизация). Если используются все три сигнала, то задействуется протокол USART, если два сигнала RX и TX, то задействуется протокол UART.

11 **Ответ — 0**. Назначение скетча — приём команд от модуля Bluetooth HC-05 по последовательному каналу и остановка приёма при получении символа **\n** (перевод строки). Поскольку в скетче не используются внешние библиотеки, предназначенные именно для модуля HC-05, обмен данными производится через стандартные операторы **Serial.begin(), Serial.available(), Serial.read(), Serial.write()**. Вывод — если отключить модуль A1 от Arduino и использовать внутренний или внешний конверторы USB/UART для связи с компьютером, то можно сымитировать входные и выходные сигналы модуля Bluetooth через терминал Arduino IDE.

12 **Ответ — 0**. Назначение скетча — вывод в модуль Bluetooth HC-05 информации об измеренном напряжении с виртуального вольтамперметра. Поиск ответа на поставленный в викторине вопрос предлагается провести методом последовательных приближений. Сначала анализируется строка 13. В ней — указание на массив **str[ ]**. В строке 12 видно, как массив **str[ ]** заполняется данными из переменной **ugol**. Название этой переменной в русской транскрипции — угол, что само по себе уже служит подсказкой. Окончательное подтверждение ищем в строке 11, где переменная **ugol** форматируется функцией **map** в диапазоне чисел 0...90. Следовательно, измеренные данные в строке 13 поступают в модуль HC-05 в виде угла поворота стрелки вольтметра 0...90 градусов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Датчик атмосферного давления BMP280. — URL: **https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/sensor-bmp280/** (14.03.21).

2. Serial.print(). — URL: **http://radiohobby.org/modules/instruction/arduino/serial-print** (14.03.21).

3. Подключение датчика атмосферного давления BMP280 к Arduino. — URL: **https://micro-pi.ru/подключение-bmp280-к-arduino/** (14.03.21).

4. Необычные источники электромагнитных помех. — URL: **https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=158838** (14.03.21).

5. Исследование протокола PS/2 для мышки. — URL: **http://www.programmersclub.ru/Исследование-протокола-ps2-для-мышки/** (14.03.21).

6. PS2 mouse interface for Arduino. — URL: **https://playground.arduino.cc/ComponentLib/Ps2mouse/** (14.03.21).

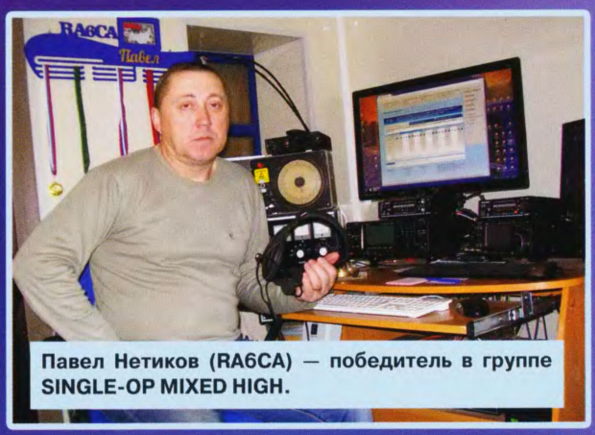
7. Подключение мышки PS/2 к Arduino. — URL: **https://nettips.ru/article/ps2_mouse_arduino.html** (14.03.21).

От редакции. *Скетчи программ находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/2021/05/arduino4.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Команда UA4M, которая заняла первое место в группе MULTI-OP HIGH. Слева—направо: Алексей Федотов (RU4LM), Алексей Глушенков (UA4LCH), Владимир Рябов (RA4LW), Виталий Афанасьев (RN4WA), Александр Клюкин (RU4HP).

Сергей Сергеев (R7MM) завоевал первое место в группе SINGLE-OP 50 LOW.

Владимир Щербаков (RA3Y) показал лучший результат в группе SINGLE-OP SSB LOW.



Павел Нетиков (RA6CA) — победитель в группе SINGLE-OP MIXED HIGH.

Победитель в группе SINGLE-OP MIXED LOW — Гедиминас Лучинскас (Gediminas Lucinskas, LY9A).

"Старый Новый год 2021" — итоги

(см. статью на с. 45)

Олег Усов (R8CT) — лучший результат в группе SINGLE-OP CW LOW.

Команда RK4W, показавшая лучший результат в группе MULTI-OP LOW. Слева—направо: Владимир Кузнецов (RW4WA), Алексей Галичанин (UA4WAU) и Алексей Шмыков (UA4WI).

Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые ОС

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

Защита детей

Родительский контроль

- ✓ Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО
- ✓ Круглосуточная техническая поддержка
- ✓ Бонус для покупателей — защита для Android

Техподдержка компании «Доктор Веб»:
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:
https://www.drweb.ru/user/social

Сайты компании «Доктор Веб»:
https://антивирус.рф
https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97